

DÖŞEMELER

Üzerindeki yükleri kiriş veya kolonlara aktaran genelde yatay betonarme elemanlardır. Salon tavanı, tabanı, köprü döşemesi (tabliye) örnek olarak verilebilir.

Döşeme tipleri:

1. Kirişli döşeme 2. Kirişsiz döşeme 3. Dişli (nervürlü) döşeme 4. Asmolen döşeme 5. Kaset (ızgara)-kiriş döşeme

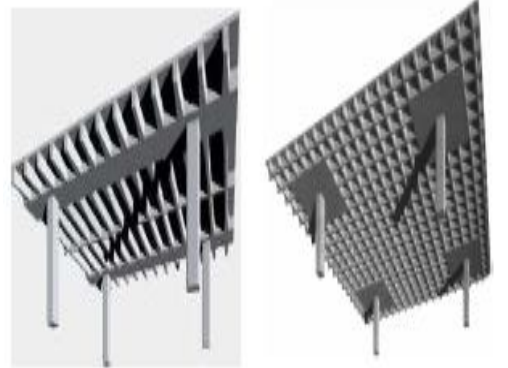
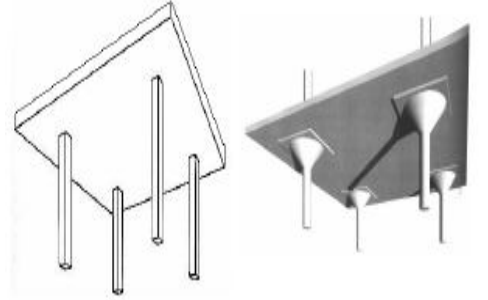
Kirişli döşeme: En az bir kenarı kirişe oturan 5–20 cm kalınlığında bir plaktır. Yükleri ve kenarları çok büyük olmayan hacimlerde (odalarda) genelde tercih edilir. Kısa kenarı 6-7 m olabilir. İnşası kolay ve ekonomiktir. Konut tipi yapılarda en çok kullanılan döşeme tipidir.

Kirişsiz döşeme: Kirişleri olmayan, doğrudan kolonlara oturan 20–40 cm kalınlığında bir plaktır. Yükleri ve kenarları çok büyük olmayan hacimlerde (odalarda) kullanılabilir. Açıklık 9-10 m olabilir. Kalıp işçiliği azdır. Sarkan kiriş olmadığından alttan bakıldığında düz bir tavan görünür. İyi bir çerçeve davranışı sergileyemez. Kolonların plağı delip geçmesi (zımbalama) riski vardır. Ağır yükleri olan döşemelerde (sanayi yapıları, köprü) zımbalamayı önlemek amacıyla kolona başlık yapılır. Depremde davranışı kötüdür, Türkiye için uygun bir plak tipi değildir.

Dişli (nervürlü) döşeme: 40–70 cm aralıklarla birbirine paralel kirişçiklerin (dişlerin) anakirişlere oturtulması ve üzerine çok ince bir plak yapılması ile oluşturulan bir döşemedir. Dişlerin genişliği 10–15 cm, yüksekliği 25–35 cm civarındadır. Plak 5-7 cm dir. Yükleri ve kenarları büyük hacimlerde kullanılabilir. Hacim dikdörtgen ise bir yönde dişli, kare veya dikdörtgene yakın ise iki yönde dişli tercih edilir. Bir yönde dişli döşemenin diş açıklığı 10–12 m, iki yönde dişli döşemenin diş açıklığı 14-15 m olabilir. Depremde davranışı iyi değildir.

Asmolen döşeme: Dişler arası asmolen olarak adlandırılan hafif bir malzeme ile doldurulmuş dişli döşemedir. Tavan düz görünür. Depremde davranışı iyi değildir.

Kaset (ızgara) kiriş döşeme: Dişli döşemeler gibi inşa edilir. Dişler yerine normal boyutlu kirişler kullanılır. Kirişler arası 50–150 cm civarındadır. Hacim ortasında kolon istenmeyen çok büyük (sinema salonu, otopark gibi) hacimlerin kapatılmasında kullanılır. Açıklık 15-25 m olabilir.



Fotoğraflarla Döşeme Örnekleri

Kirişli döşeme



Kiriş-döşeme kalıbı hazırlanıyor



Kiriş donatıları yerleştirilmiş, döşeme donatıları yerleştiriliyor

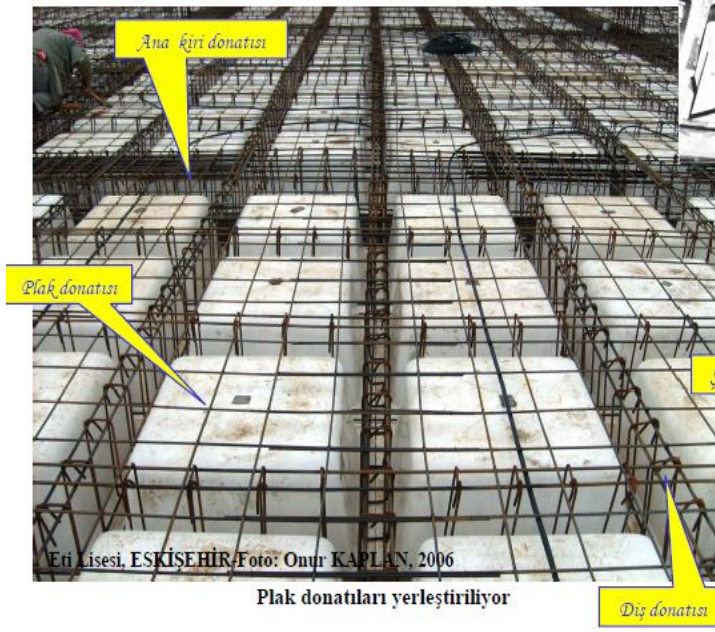


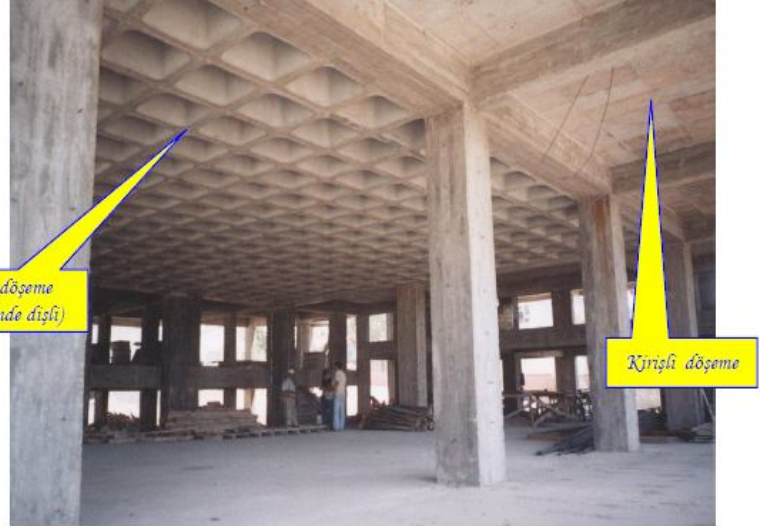
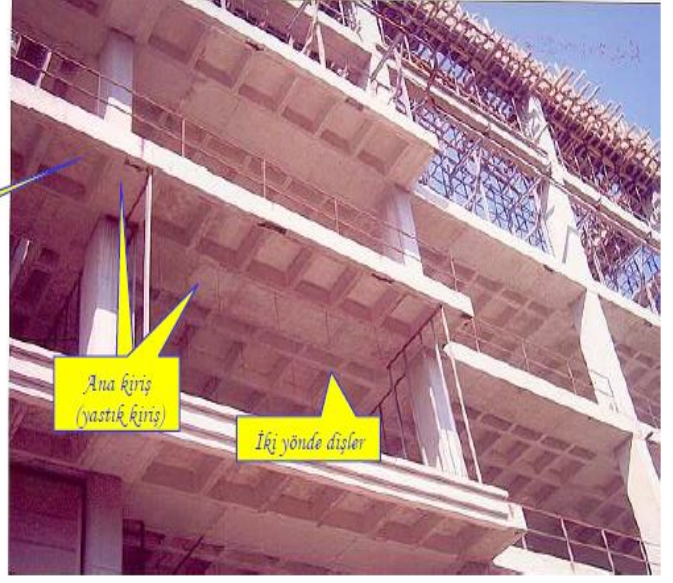
Kat betonu dökülüyor ve sıkıştırılıyor



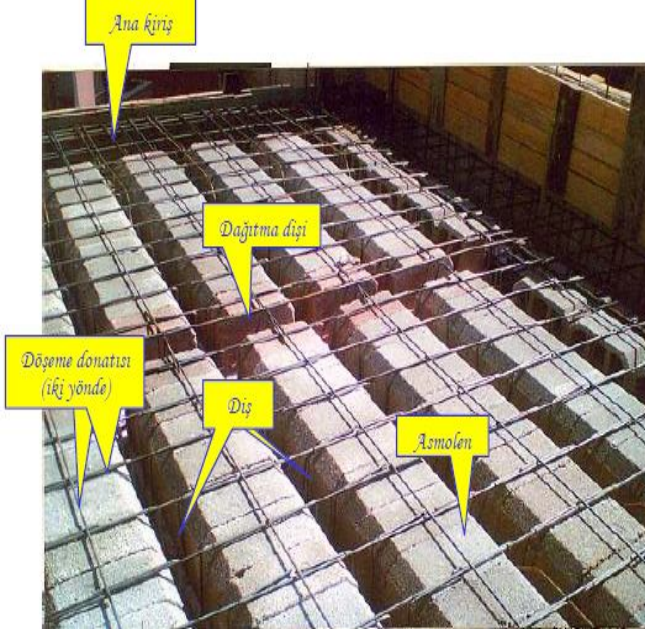
Kalıp söküldükten sonra alttan görünüş

İki yönde dişli döşeme



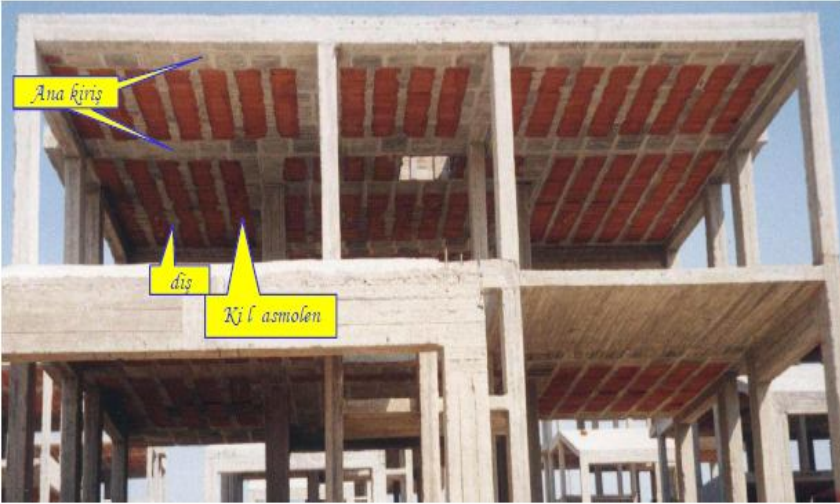


Yerinde döküm asmolen döşeme



Bir yönde asmolen döşeme, üstten görünüş

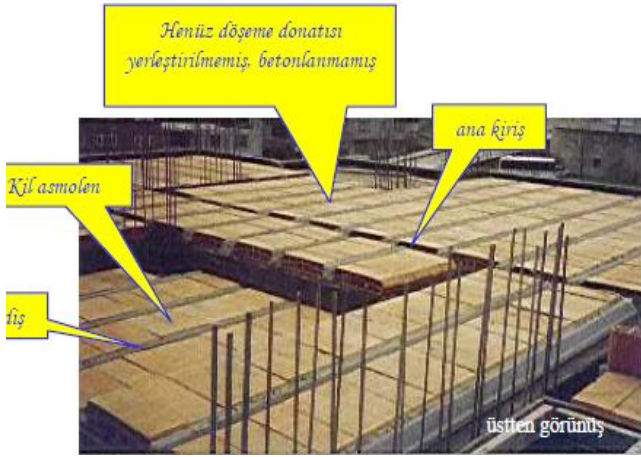
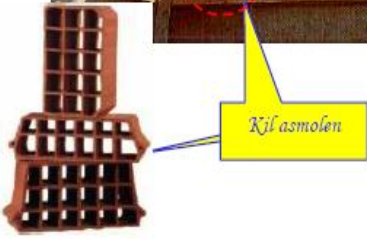
Sert köpük dolgu malzemesi (asmolen)



Yerinde döküm asmolen döşeme (bir yönde dişli, dişler arası dolgulu)



Prefabrik dişli asmolon döşeme (bir yönde dişli)



Kirişsiz döşemeler



Kalın plak

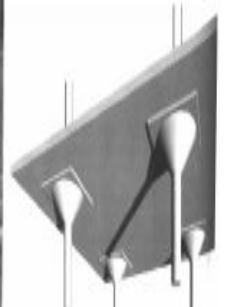
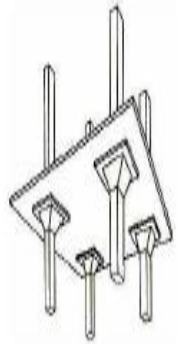
kolon

Döşeme (kalın)

tabla

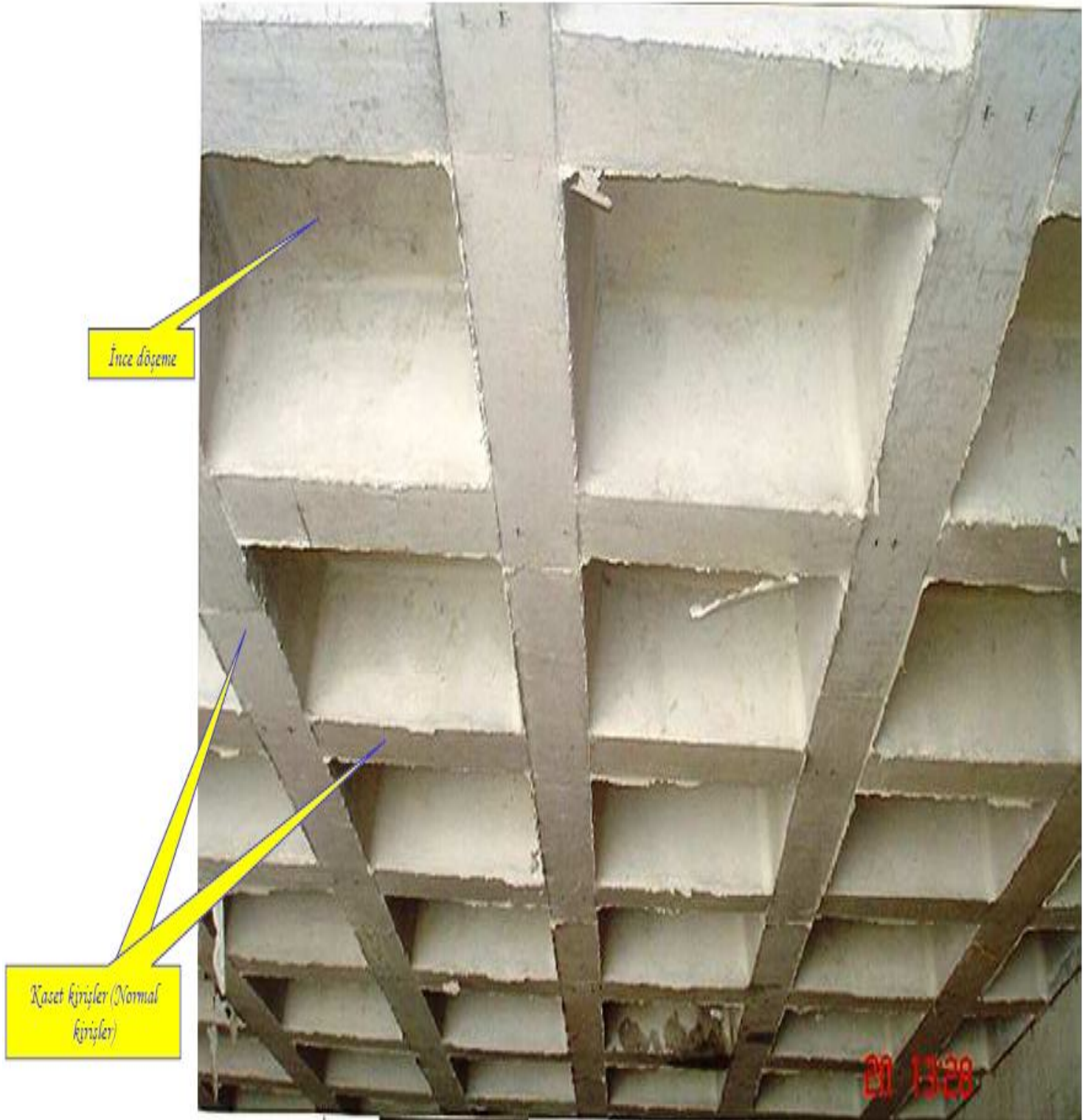
başlık

kolon



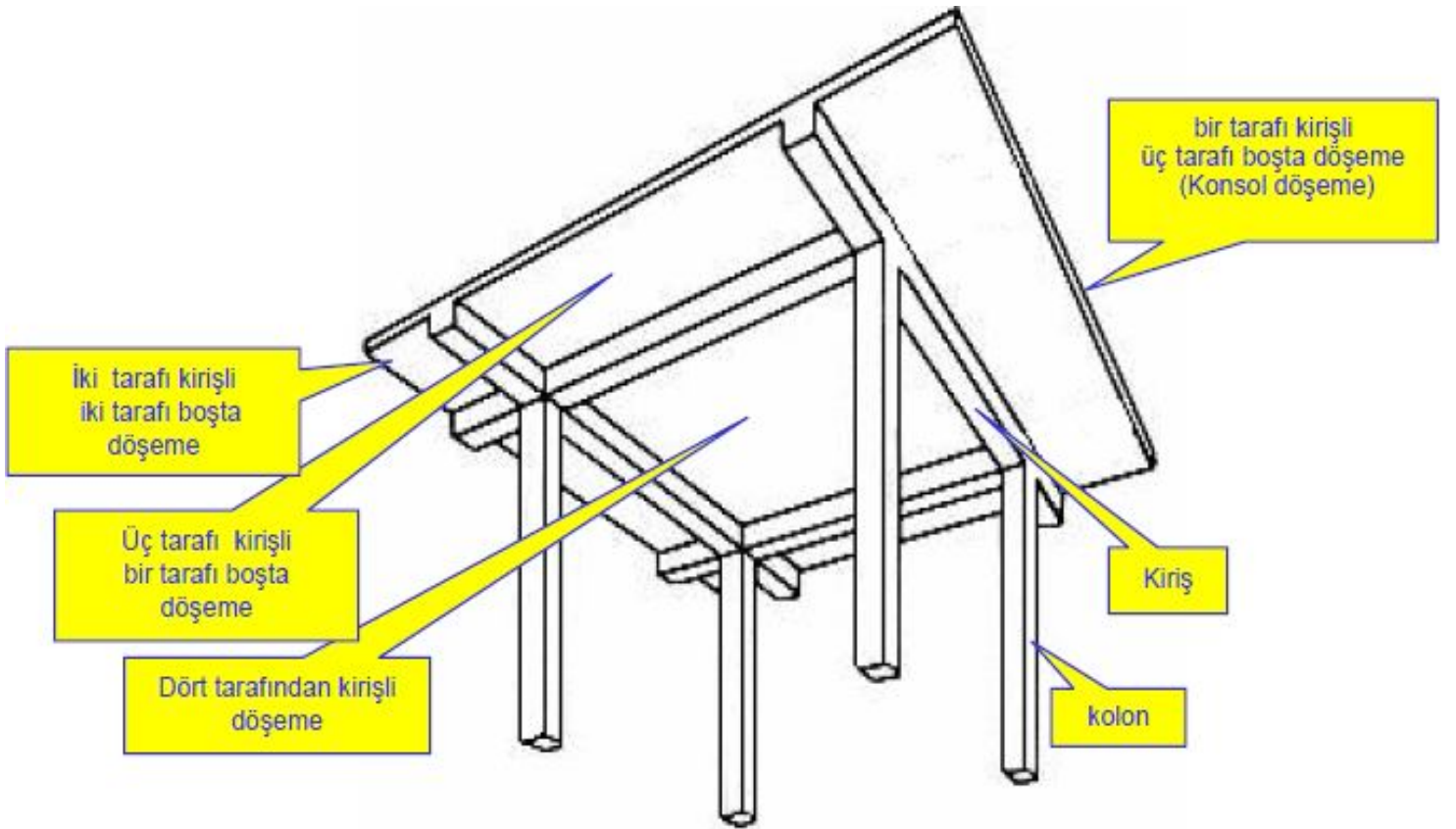
Başlık ve tabla zımbalama riskini önlemek içindir. Ters kesik pramid başlığın kalıp işçiliği daha basittir.

Kaset kiriş döşeme

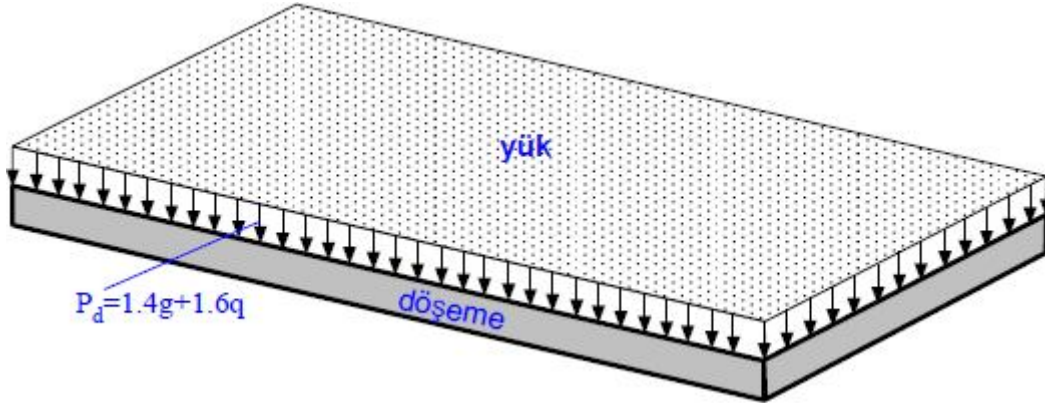


Kirişli döşemeler

- Dört tarafından kirişlere oturan döşemeler
- Kenarlarının bazıları boşta olan döşemeler
- Boşluklu döşemeler
- Düzensiz geometrili döşemeler



Döşeme tasarım yükü



•Döşemeye etkiyen sabit ve hareketli yükler genelde düzgün yayılıdır.

•Yükün birimi kN/m^2 dir.

•Depremde döşemenin eğilmediği, rijit bir diyafram gibi davrandığı, deprem kuvvetini kirişler ile birlikte kolondan-kolona aktardığı varsayılır. Bu nedenle moment hesabında deprem dikkate alınmaz.

Katmanları: Kaplama, tesviye betonu, betonarme betonu, sıvadan oluşur. Kaplama; ahşap parke, mermer, seramik veya mozaik karo benzeri malzemeler ile yapılır. Kalıp düzgün yapılamadığından betonarme betonunun üst yüzü aynı kotta olmaz. Tesviye betonu ile her nokta aynı kotta getirilir. Tesviye kalınlığı kalıbın ne denli düzgün yapıldığına, betonun ne denli düzgün döküldüğüne bağlıdır, önceden tam olarak bilinemez. Küçük döşemelerde az, büyük döşemelerde çok, 3–10 cm gerekebilir. Ortalama 5 cm normal kabul edilir. Sıva kalınlığı da önceden tam bilinemez, 2–3 cm civarında olur.

Sabit yük: Döşeme betonarme betonu, tesviye betonu, kaplama ve sıva ağırlıklarının toplamından oluşur. Varsa, asma tavan ağırlığı ve benzeri ağırlıklar da hesaba katılır. **TS ISO 9194–1997 Ek A ve Ek B** tablolarında inşaatlarda malzemelerin *karakteristik* yoğunlukları verilmiştir. Bu tablolar yardımıyla döşeme *karakteristik* sabit yükü belirlenir. Sabit yük g ile gösterilir.

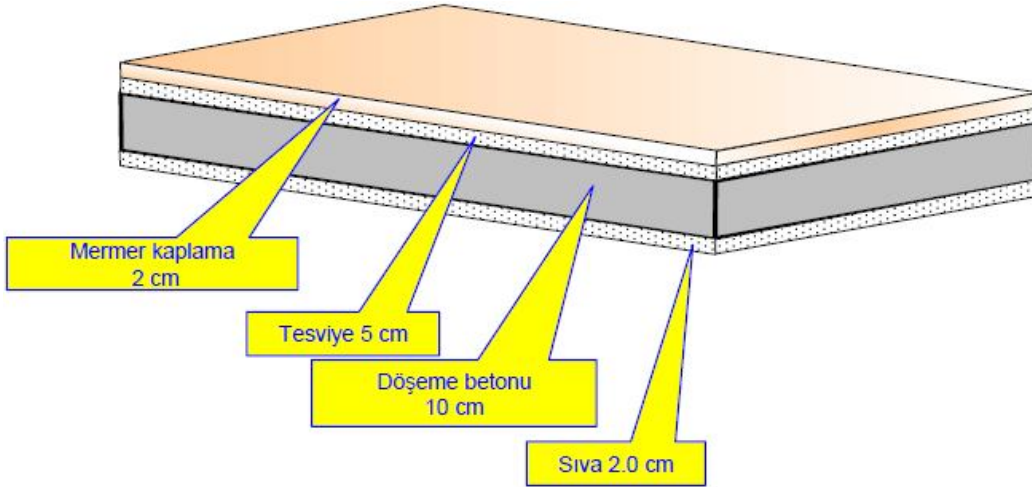
Hareketli yük: İnsan yükü, eşya ağırlıkları, kar yükü, depolanmış malzeme gibi, zamanla yeri ve değeri değişebilen yüklerdir. **TS498–1997 Çizelge 7** de konut odaları, balkon, merdiven, kütüphane ve birçok farklı amaçla kullanılan döşemelerde alınması gereken *karakteristik* hareketli yükler tanımlanmıştır. Döşeme *karakteristik* hareketli yükü bu çizelgeden alınır. Yarım duvar taşıyan döşemenin hareketli yükü $1.5 \sim 2.0 \text{ kN/m}^2$ artırılır. Hareketli yük q ile gösterilir.

Tasarım (Hesap) yükü: Sabit yükün 1.4 ve hareketli yükün 1.6 katının toplamıdır (**TS500–2000**), P_d ile gösterilir:

$$P_d = 1.4g + 1.6q$$

Döşemenin statik ve betonarme hesapları P_d tasarım yükü ile yapılır (deprem dikkate alınmadığından).

Örnek: Döşeme yükü analizi



Bir konutun salon döşemesinin katmanları verilmiştir. Döşemenin karakteristik sabit, hareketli ve tasarım yükünü belirleyiniz.

ÇÖZÜM:

Döşeme	$0.10 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 2.50 \text{ kN/m}^2$
Tesviye	$0.05 \text{ m} * 22 \text{ kN/m}^3 = 1.10 \text{ kN/m}^2$
Kaplama	$0.02 \text{ m} * 27 \text{ kN/m}^3 = 0.54 \text{ kN/m}^2$
Sıva	$0.02 \text{ m} * 20 \text{ kN/m}^3 = 0.40 \text{ kN/m}^2$

sabit yük $g = 4.54 \text{ kN/m}^2$

hareketli yük $q = 2.00 \text{ kN/m}^2$ (TS 498–1997)

Tasarım (Hesap) yükü $P_d = 1.4 * 4.54 + 1.6 * 2.00 = 9.56 \text{ kN /m}^2$

Dört tarafından kirişli döşemeler

Yapılarda karşılaşılan döşemelerin çoğunluğu dört tarafından kirişe oturur, dikdörtgen geometrilidir ve yükü düzgün yayılıdır. Bu tür döşemeler yapının en güvenli elemanlarıdır, hemen hiç göçmezler. Ancak; çok ince yapıldıklarında, fazla sarkma olur, sallanırlar ve konfor rahatsızlığı oluştururlar. Plak iç kuvvetlerinin (moment, kesme) analitik hesabı çok karmaşık ve kısıtlıdır. El hesapları, yeter doğrulukta, tablolar yardımıyla yapılır. En iyi hesap yöntemi Sonlu Elemanlar Metodudur, yazılım gerektirir. İlerideki konularda açıklanacak olan el hesabının anlaşılabilmesi için bazı tanımlar yapmak gerekir.

Tanım 1:

L_u : uzun kenar (akstan- aksa)

L_k : kısa kenar (akstan- aksa)

$\frac{L_u}{L_k} \leq 2$ ise, **iki doğrultuda çalışan** döşeme

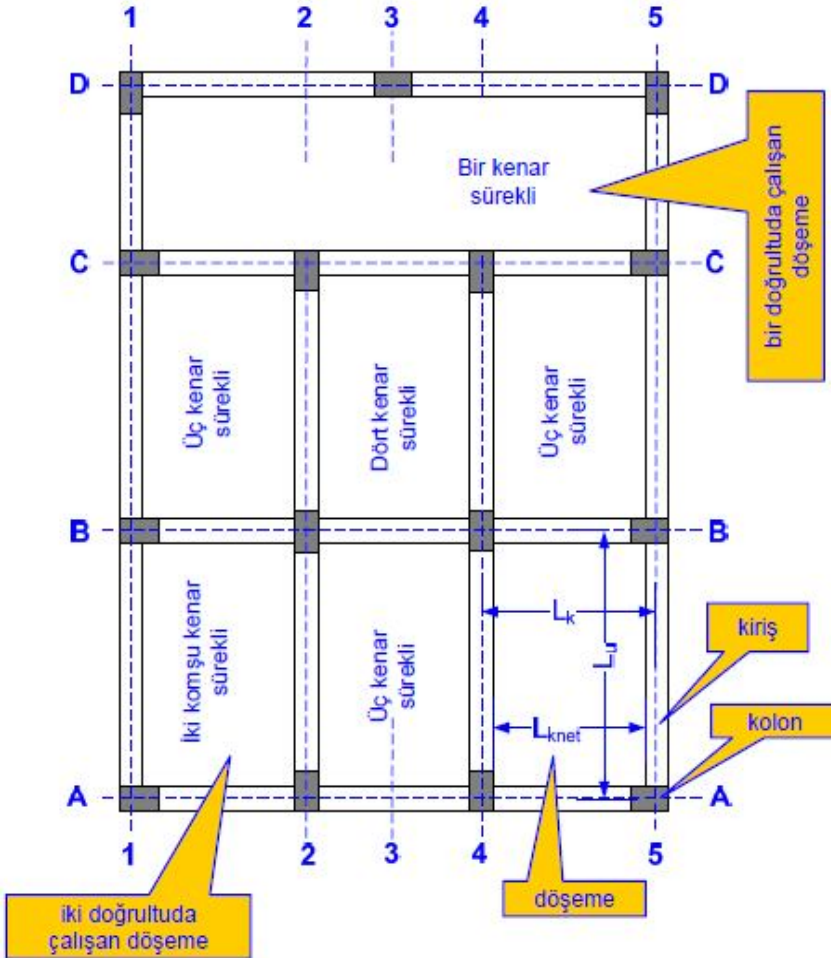
$\frac{L_u}{L_k} > 2$ ise, **bir doğrultuda** (kısa doğrultuda) **çalışan** döşeme denir. Döşemenin **çalıştığı doğrultuda** büyük momentler oluşur.

Tanım 2:

Döşemenin kirişe oturan bir kenarı komşu bir döşemenin de bir kenarı ise, döşeme bu kenar boyunca **sürekli** (ankastre) dir. Komşu döşemesi olmayan kenara **süreksiz** kenar denir. Sürekli kenar boyunca mesnet momenti oluşur. Komşu döşeme olmamasına rağmen, plağın kenarı bir perdeye veya çok rijit bir kirişe oturuyorsa bu kenarı sürekli kabul etmek uygun olur.

Tanım 3:

L_{knet} : Döşemenin kısa doğrultuda, kiriş yüzünden-kiriş yüzüne ölçülen net açıklığıdır. Çok geniş olmayan kirişlerde (250~300 mm) $L_{knet} \approx L_k$ alınabilir, hesaplarda sonuçlar çok değişmez.



Döşeme kenar koşullarının hesaplarda gösterilişi

Döşeme kenarlarında sürekli, süreksiz veya boşa olması durumunu vurgulamak için taralı çizgi, sürekli çizgi ve kesik çizgi kullanılır.

Taralı çizgi \equiv Sürekli kenar:

Taralı çizgi kenarın sürekli olduğu, döşemenin kenar boyunca çökemediği ve dönemediği (ankastre olduğu) anlamındadır.

- Bir kenar kirişe veya perdeye oturuyor ve komşu döşemenin de ortak kenarı ise,
- Bir kenar rijit bir perde veya kirişe bağlı ise sürekli varsayılır. Sürekli kenar boyunca mesnet momenti oluşacak anlamındadır.

Sürekli çizgi \equiv Süreksiz kenar:

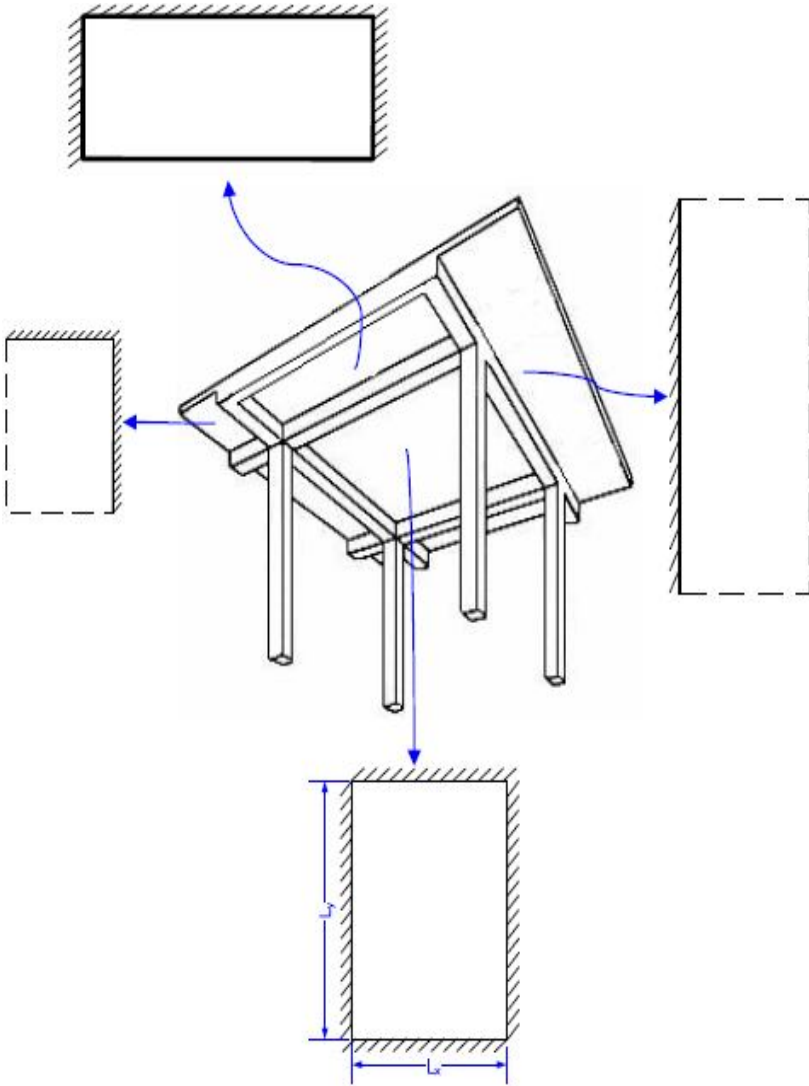
Sürekli çizgi kenarın süreksiz olduğu, yani döşemenin kenar boyunca serbestçe dönebildiği (mafsallı olduğu) anlamındadır.

- Bir kenar kirişe veya duvara serbestçe oturuyorsa,
- Bir kenar kirişe bağlı fakat kirişi döndürebiliyorsa, süreksiz varsayılır. Süreksiz kenar boyunca mesnet momenti oluşmayacak anlamındadır.

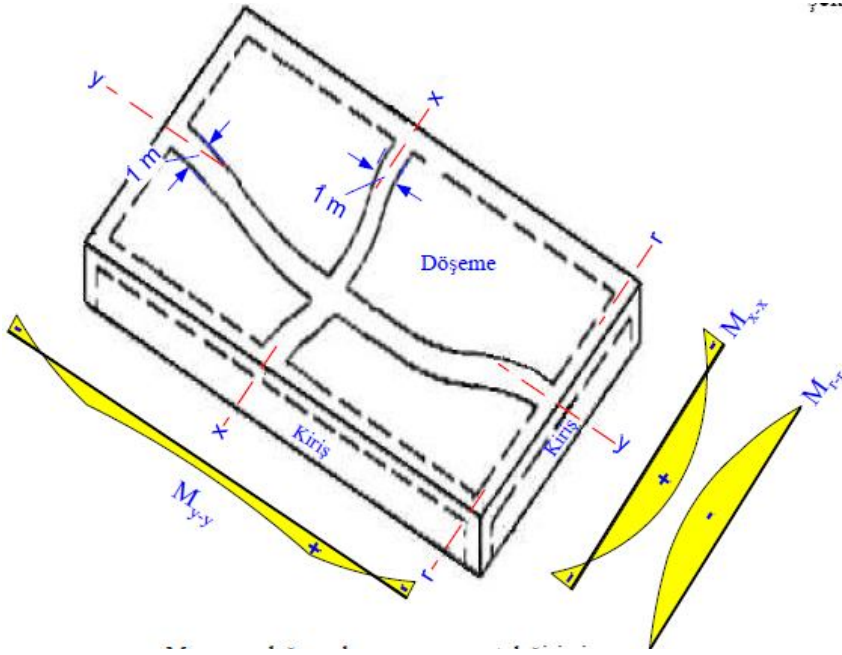
Kesik çizgi \equiv Boşa kenar:

Kesik çizgi kenarın boşa olduğu, yani döşemenin kenar boyunca çökebildiği ve serbestçe dönebildiği anlamındadır.

- Bir kenar hiçbir yere (kiriş, duvar, perde) oturmuyorsa boşa kenar varsayılır. Boşa kenar boyunca kenara dik yönde moment oluşmaz. Ancak, boşa kenar boyunca sarkma fazla olur, büyük moment oluşur.



Döşemede moment dağılımı



M_{x-x} : x-x doğrusu boyunca moment değişimi

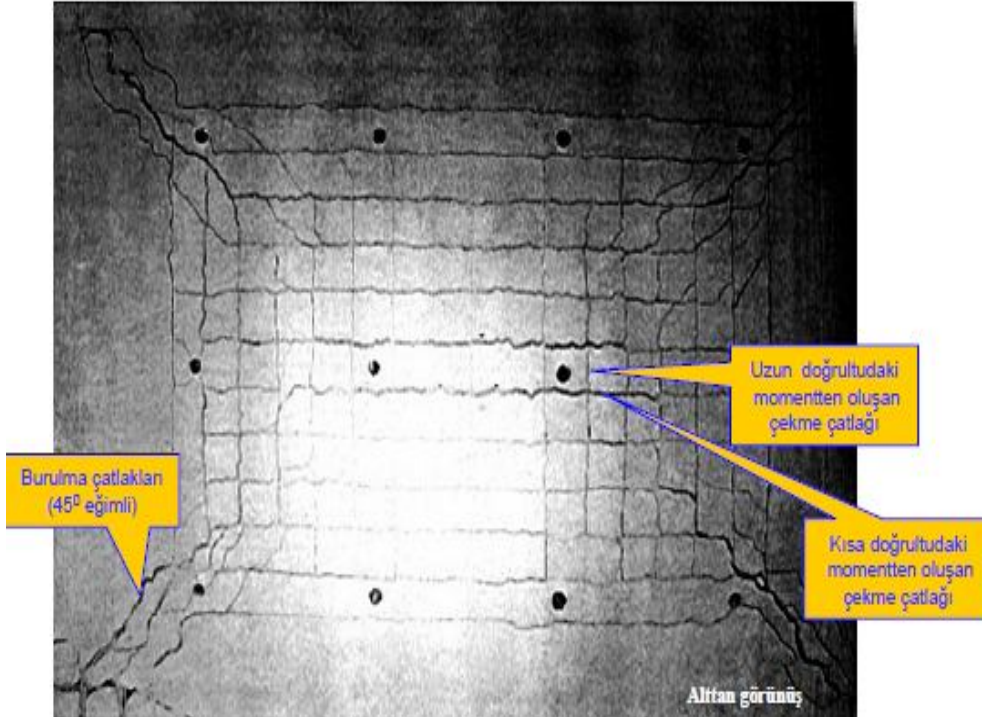
M_{y-y} : y-y doğrusu boyunca moment değişimi

M_{r-r} : r-r doğrusu boyunca moment değişimi

Deforme olmuş döşeme ve momentleri

Dört tarafından kirişlere oturan ve tüm kenarları sürekli ve düzgün yayılı yüklü döşemenin 1 m genişliğindeki sanal şeritleri boyunca oluşan momentlerin dağılımı şekilde verilmiştir. Şeklin incelenmesinden aşağıdaki yorumlar yapılabilir:

- Açıklıkta, her iki yönde, moment pozitifdir.
- Açıklıkta en büyük moment açıklık ortasındadır.
- Mesnetlerde moment negatiftir.
- En büyük mesnet momentini mesnet ortasındadır.
- Kısa doğrultudaki momentler uzun doğrultudaki momentlerden çok daha büyüktür.
- Bir yönde çalışan döşemelerin uzun doğrultusunda oluşan moment çok küçük olacaktır, ihmal edilebilir.
- Açıklıklarda çekme alttadır. Her iki yönde de altta çatlaklar oluşacaktır. Dolayısıyla döşemenin altına her iki yönde donatı konulur.
- Mesnetlerde çekme üsttedir. Döşemenin mesnet üstlerinde çatlaklar oluşacaktır. Bu çatlakları sınırlamak için mesnet üstlerine donatı konulur.
- Açıklıkların üstünde basınç oluşur. Üstte donatı gerekmez.



Dört tarafından kirişlere serbest oturan deney plağı

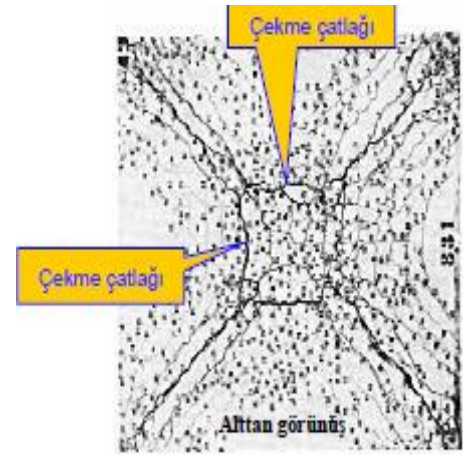
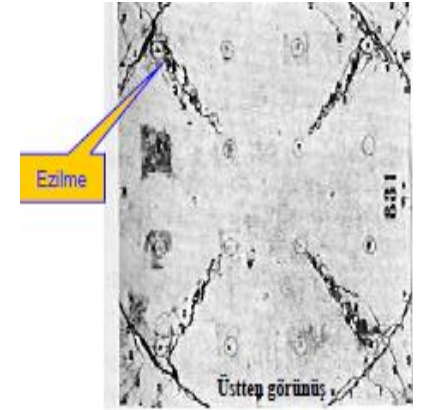
•Yükün etkisiyle plak aşağı doğru çöker, bir tekneyi andıran form alır. Alt tarafta çekme üst tarafta basınç oluşur, altta çatlak üstte ezilme olur.

•Kısa doğrultudaki momentten uzun doğrultuda geniş çatlaklar oluşur. Bunları sınırlamak için alt tarafa kısa doğrultuda (çatlağa dik) donatı gerekir.

•Uzun doğrultudaki momentten kısa doğrultuda daha ince çatlaklar oluşur. Bunları sınırlamak için alt tarafa uzun doğrultuda (çatlağa dik) donatı gerekir.

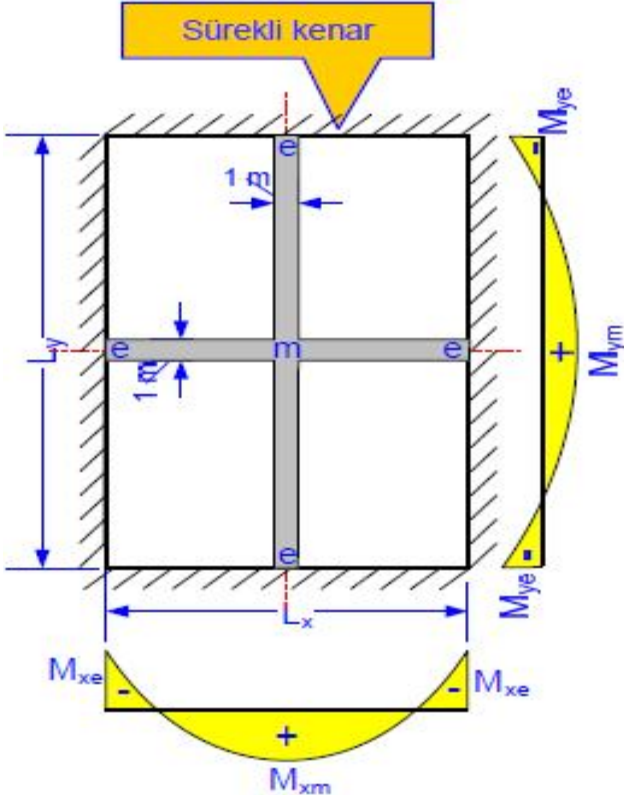
•Her iki yönde yerleştirilen donatı bir ağ oluşturur.

•Köşelerde 45° açılı eğik çatlaklar oluşur. Ağ şeklindeki donatı bu çatlakları da sınırlar, çoğu kez ayrıca donatı gerekmez.

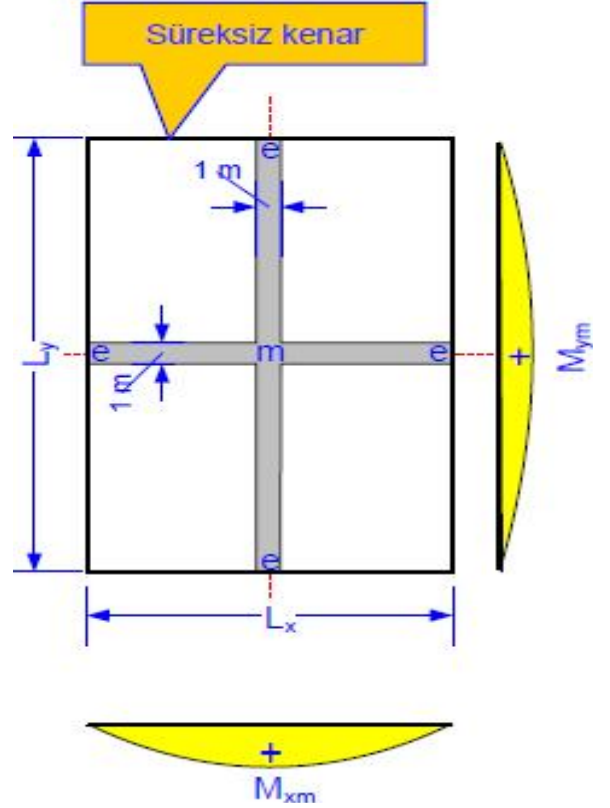


Dört tarafından kirişlere serbest oturan kare deney plağı

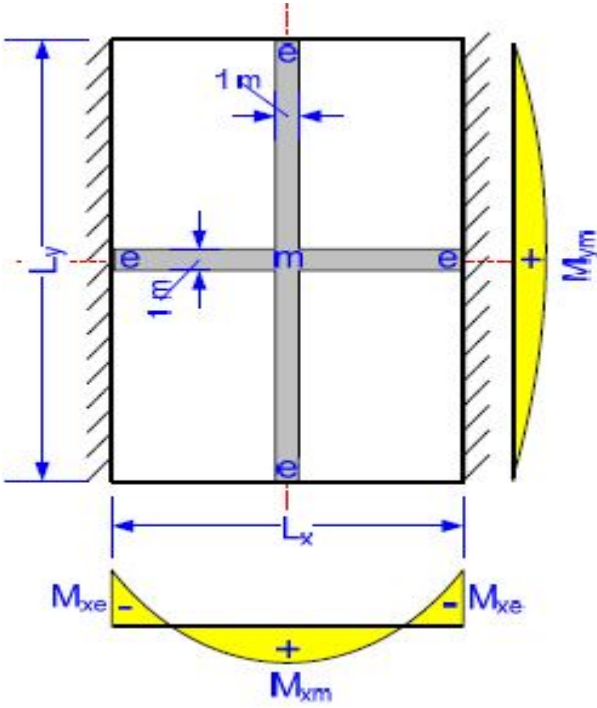
Döşeme moment diyagramları



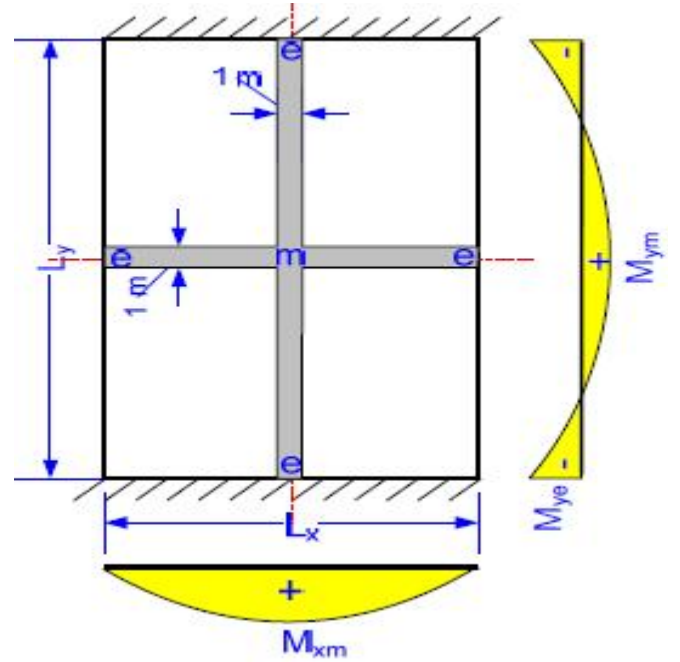
Dört kenar sürekli



Dört kenar sürekli



İki kısa kenar sürekli
İki uzun kenar sürekli



İki uzun kenar sürekli
İki kısa kenar sürekli

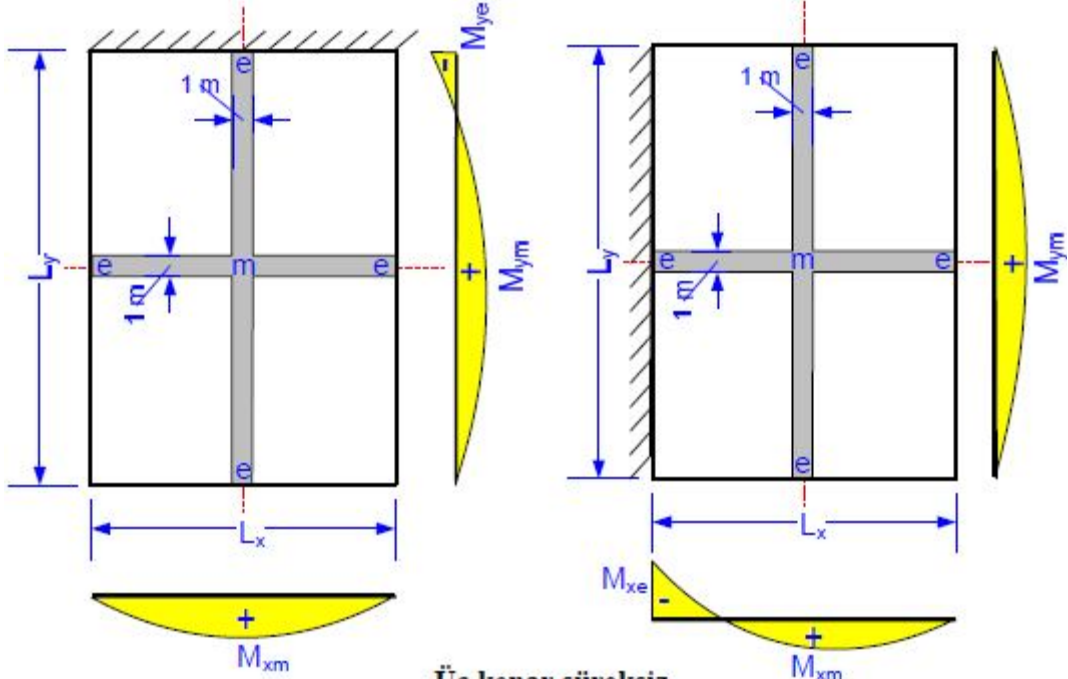
Momentler, her iki doğrultuda, plağın ortasından geçen 1 metrelik sanal şeritlerde hesaplanır. Momentin birimi kN.m/m dir.

M_{xm} : x yönündeki şeridin m noktasındaki açıklık momenti (altta çekme)

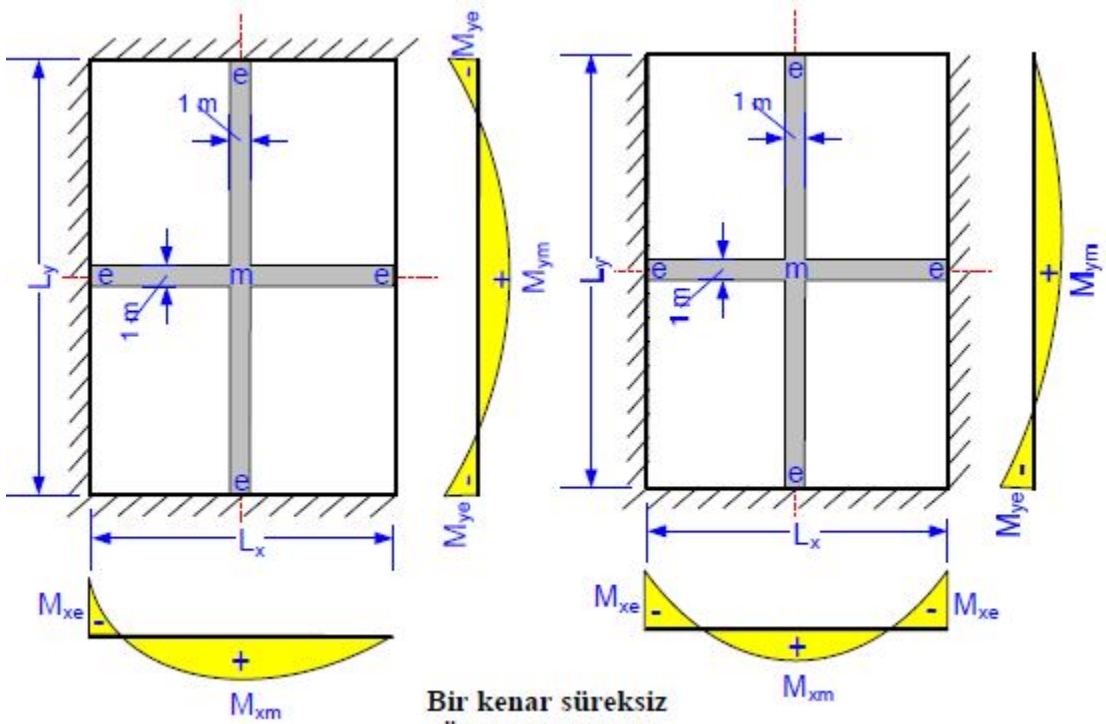
M_{ym} : y yönündeki şeridin m noktasındaki açıklık momenti (altta çekme)

M_{xe} : x yönündeki şeridin e noktasındaki mesnet momenti (üstte çekme)

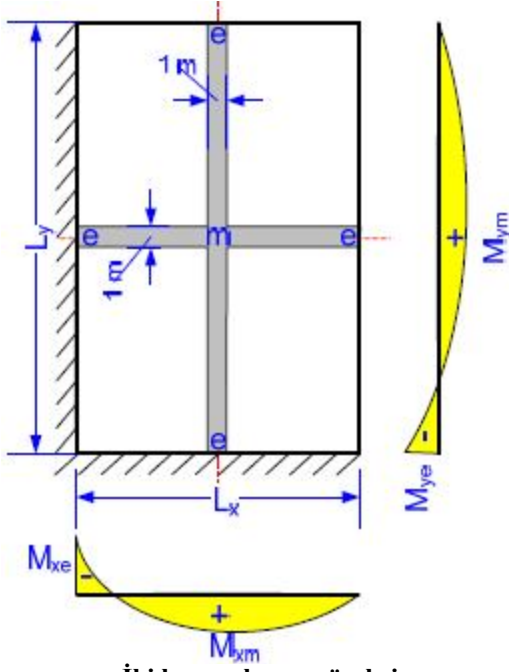
M_{ye} : y yönündeki şeridin e noktasındaki mesnet momenti (üstte çekme)



Üç kenar süreksiz
Bir kenar sürekli



Bir kenar süreksiz
Üç kenar sürekli



İki komsu kenar süreksiz
İki komsu kenar sürekli

EK BİLGİ:

- İki doğrultuda çalışan döşemeye uygulamada **Dal döşeme** de denir.
- Bir doğrultuda çalışan döşemeye uygulamada **Hurdi döşeme** de denir.

TS500–2000 tabloları ile moment hesabı

Uygulamada karşılaşılan döşemelerin çoğu **dikdörtgen geometrilidir, düzgün yayılı yükle yüklüdür ve dört tarafından kirişlere otururlar**. Bu koşullara uyan döşemelerin momentleri TS500–2000 Çizelge 11.1 (Sayfa 56) da verilen tablo yardımıyla çok basit bir yolla hesaplanırlar. Bu tablonun benzeri bir sonraki sayfada verilmiştir. Tabloda kenarların sürekli veya süreksiz olmasına bağlı olarak 7 farklı döşeme tipi vardır. Döşemenin ortasından geçen her iki doğrultudaki 1 m lik şeritlerin açıklık ve mesnetlerinde oluşan M_{xm} , M_{xe} , M_{ym} ve M_{ye} tasarım momentleri

$$M_d = \frac{l}{1000} \alpha P_d L_{knet}^2$$

bağıntısından hesaplanırlar. Momentin birimi kN.m/m dir.

M_d : Döşemenin açıklık veya sürekli kenarındaki M_{xm} , M_{xe} , M_{ym} veya M_{ye} tasarım momentlerinden herhangi biri

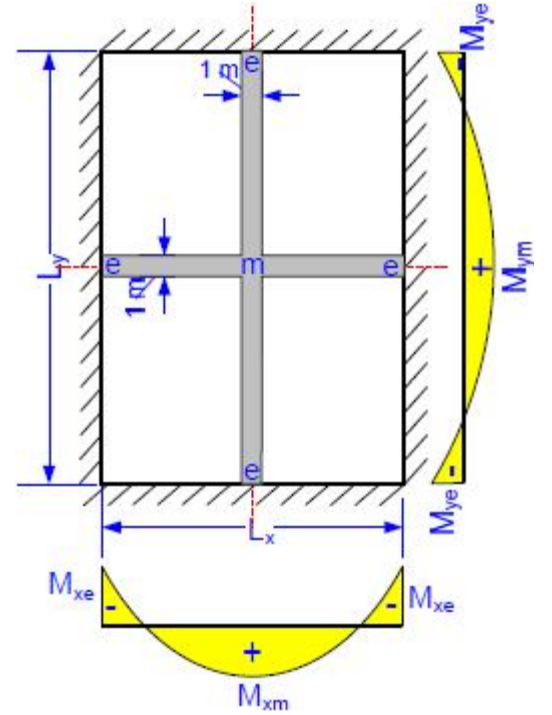
P_d : Döşeme üstünde yayılı olan tasarım yükü

L_{knet} : Kısa doğrultudaki net açıklık (çok geniş olamayan kirişlerde $L_{knet} \approx L_k$ alınabilir)

α : Tablodan alınacak katsayı. Bu değer kısa doğrultuda $m=L_u/L_k$ oranına bağlı olarak değişir, uzun doğrultuda m den bağımsızdır.

L_u : Uzun kenar, L_x ve L_y den büyük olanı.

L_k : Kısa kenar, L_x ve L_y den küçük olanı.



Moment hesabı: TS500–2000 Çizelge 11.1 (Sayfa 56)

L_u : Uzun kenar.

L_k : Kısa kenar.

L_{knet} : kısa doğrultudaki net açıklık (çok geniş olamayan kirişlerde $L_{knet} \approx L_k$ alınabilir)

$$M_d = \frac{l}{1000} \alpha P_d L_{knet}^2$$

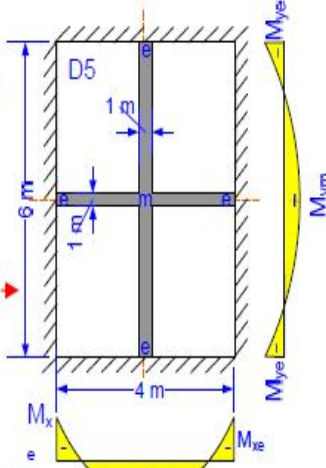
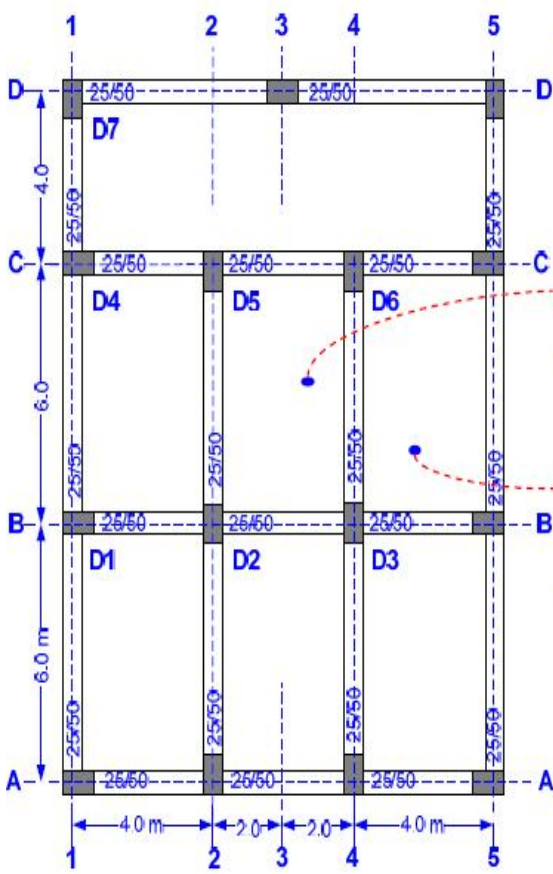
Dörtkenarından kirişlere oturan döşemelerde α sayıları

Döşeme tipi	$m = \frac{L_u}{L_k}$ Kısa açıklık doğrultusunda α								Uzun açıklık doğrultusunda α (m den bağımsız)	
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.75	2.0		
Sürekli kenar	1	-33	-40	-45	-50	-54	-59	-70	-83	-33
		+25	+30	+34	+38	+41	+45	+53	+62	+25
Sürekli kenar	2	-42	-47	-53	-57	-61	-65	-75	-85	-41
		+31	+35	+40	+43	+46	+49	+56	+64	+31
Sürekli kenar	3	-49	-56	-62	-66	-70	-73	-82	-90	-49
		+37	+42	+47	+50	+53	+55	+62	+68	+37
Sürekli kenar	4	-56	-61	-65	-69	-71	-73	-77	-80	000
		+44	+46	+49	+51	+53	+55	+58	+60	+44
Sürekli kenar	5	000	000	000	000	000	000	000	000	-56
		+44	+53	+60	+65	+68	+71	+77	+80	+44
Sürekli kenar	6	-58	-65	-71	-77	-81	-85	-92	-98	-58
		+44	+49	+54	+58	+61	+64	+69	+74	+44
Sürekli kenar	7	000	000	000	000	000	000	000	000	000
		50	+57	+62	+67	+71	+75	+81	+83	+50

Artı değerler açıklık momentlerine, eksi değerler mesnet momentlerine ait α değeridir. Burada italik yazılmış α sayıları TS 500–2000 değerlerinin 1000 katıdır.

Örnek: Döşeme momentlerinin TS500–2000 ile hesabı

Aşağıdaki tüm döşemelerin tümünde tasarım yükü $P_d=9.56 \text{ kN/m}^2$ dir. D5, D6 ve D7 döşemesinin tasarım momentlerini belirleyiniz.



D5 döşemesinde:

Döşeme tipi:1 (dört kenar sürekli)
 $m=6/4=1.5 < 2$ (iki doğrultuda çalışan döşeme)

$$M_{xm}=(45/1000)*9.56*4^2=6.88 \text{ kN.m/m}$$

$$M_{xe}=(-59/1000)*9.56*4^2=-9.02 \text{ ''}$$

$$M_{ym}=(25/1000)*9.56*4^2=3.82 \text{ ''}$$

$$M_{ye}=(-33/1000)*9.56*4^2=-5.05 \text{ ''}$$

D6 döşemesinde:

Döşeme tipi:2 (bir kenar süreksiz)
 $m=6/4=1.5 < 2$ (iki doğrultuda çalışan döşeme)

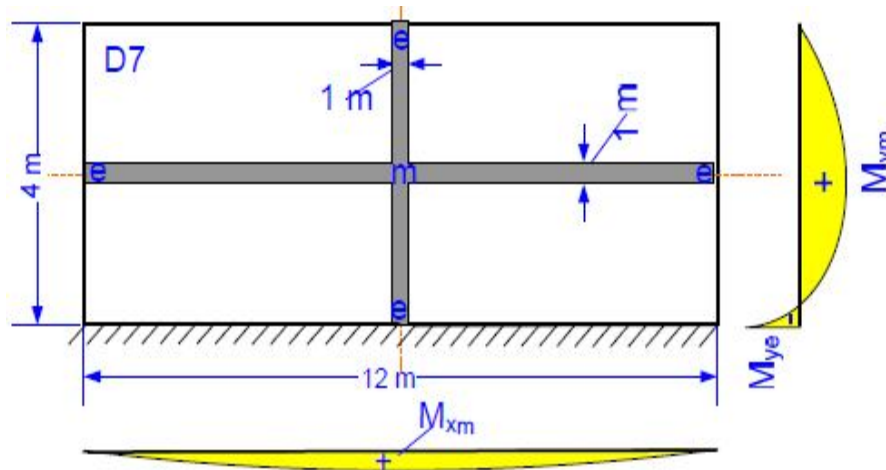
$$M_{xm}=(49/1000)*9.56*4^2=7.50 \text{ kN.m/m}$$

$$M_{xe}=(-65/1000)*9.56*4^2=-9.94 \text{ ''}$$

$$M_{ym}=(31/1000)*9.56*4^2=4.74 \text{ ''}$$

$$M_{ye}=(-41/1000)*9.56*4^2=-6.27 \text{ ''}$$

Kısa doğrultudaki momentlerin uzun doğrultu momentlerinden büyük olduğuna dikkat ediniz.



D7 döşemesinde:

Döşeme tipi:6 (bir kenarı sürekli)
 $m=12/4=3 > 2$ (bir doğrultuda çalışan döşeme). **$m=3$ değeri tabloda yoktur, α değerleri $m=2$ için alınacaktır. Tablodaki α değerlerinin değişimi incelendiğinde gerçek değerler daha büyük olacağı anlaşılır.**

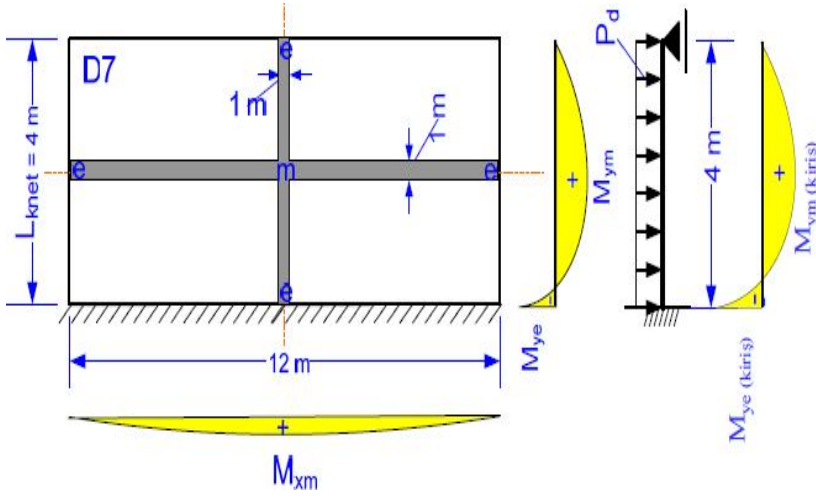
$$M_{xm}=(44/1000)*9.56*4^2=6.73 \text{ kN.m/m}$$

$$M_{ym}=(74/1000)*9.56*4^2=11.32 \text{ ''}$$

$$M_{ye}=(-98/1000)*9.56*4^2=-14.99 \text{ ''}$$

Öneri: Uygulamada bir doğrultuda çalışan döşemeler çoğu kez iki doğrultuda çalışan döşemelere veya dişi döşemelere komşu olurlar. Bu durumda bir doğrultuda çalışan döşemelerin momentleri TS500–2000 tablosundan $m=2$ alınarak hesaplanır. Ancak bu şekilde hesaplanan kısa doğrultu momentleri güvenli olmayacaktır. Bu nedenle aşağıdaki önlemin alınması önerilecektir:

•**Bir doğrultuda çalışan döşemenin kısa doğrultusundaki momentleri aynı sınır şartlarına sahip ve aynı yükle yüklü kirişin momentlerinden küçük olmamalıdır:**



Bir ucu ankastre diğer ucu basit mesnetli kirişte momentler:

$$M_{ym(kiriş)} = \frac{9}{128} P_d L_{knet}^2$$

$$M_{ye(kiriş)} = -\frac{1}{8} P_d L_{knet}^2$$

$$M_{ym} \geq M_{ym(kiriş)}$$

$$M_{ye} \geq M_{ye(kiriş)} \text{ Olmalı!}$$

$$M_{ym(kiriş)} = (9/128) * 9.56 * 4^2 = 10.76 \text{ kN.m/m}$$

$$M_{ye(kiriş)} = -(1/8) * 9.56 * 4^2 = -19.12 \text{ ''}$$

Yukarıdaki örnekte TS500–2000 ile hesaplanan D7 döşemesinin açıklık momenti bu şartı sağlarken mesnet momenti sağlamamaktadır. Mesnet momenti:

$$M_{ye} = -14.99 \text{ kN.m/m} < M_{ye(kiriş)} = -19.12 \text{ olduğundan } M_{ye} = -19.12 \text{ kN.m/m alınmalıdır.}$$

Burada verilen kiriş momentleri bu plağa aittir. Plağın kenar şartları değiştiğinde moment bağıntıları değişir:

$$\text{Basit kirişte } M_{ym(kiriş)} = P_d * L_{knet}^2 / 8, M_{ye} = 0;$$

$$\text{İki ucu ankastre kirişte } M_{ym(kiriş)} = P_d * L_{knet}^2 / 24, M_{ye} = P_d * L_{knet}^2 / 12 \text{ dir.}$$

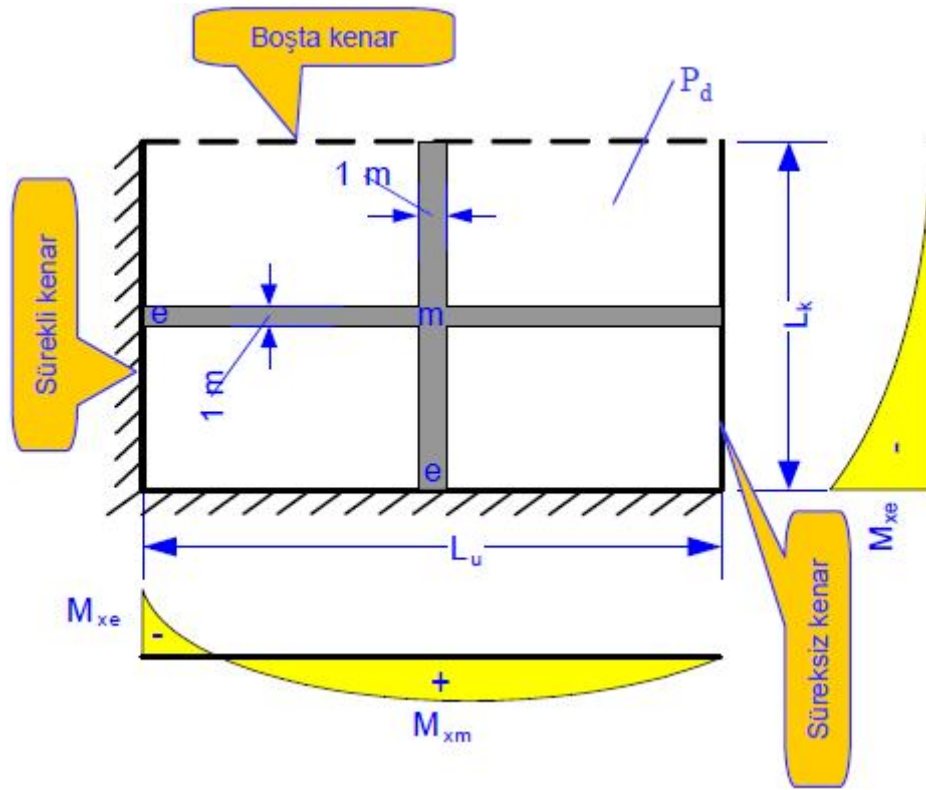
Boşta kenarları olan veya yükü düzgün yayılı olmayan plaklarda moment hesabı

Uygulamada bazı kenarları kirişlere oturmayan, bir veya birkaç kenarı boşta olan veya yükleri düzgün yayılı, üçgen, tekil, vb. olabilen döşemelere rastlanır. Balkon ve merdiven kat sahanlık döşemeleri örnek olarak gösterilebilir.

Her tür yapıda en az bir iki tane bulunan bu tür döşemelerin statik hesapları **TS500-2000 tabloları ile yapılamaz!** Çözüm için ya bilgisayar kullanılmalı ya da aşağıdaki veya benzeri, kaynaklardan yararlanılmalıdır:

Çetmeli, E., Plaklar, İTÜ yayını, No.19, 1987.

Czerny, F., Tafeln für Recteckplatten, Beton-Kalender, Wilhelm&Sohn



Solda görülen döşeme bu duruma bir örnektir. Döşemenin bir kenarı herhangi bir kirişe oturmamaktadır. Bu kenara boşta kenar denir.

Döşeme dört tarafından kirişe oturmadığından TS500-2000 tabloları ile moment hesabı yapılamaz. Çözüm için yukarıda verilen kaynaklara gerek vardır.

Bir kenarı sürekli diğer kenarları boşa (konsol) döşeme

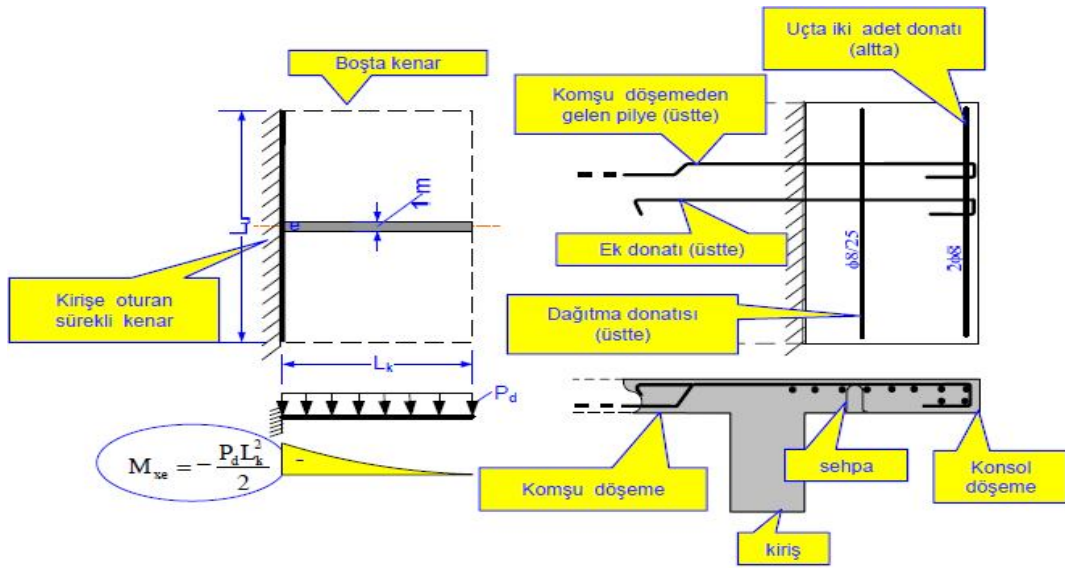
Yapıların yaklaşık 1.5-1.6 m kadar cephe dışına çıkan balkon ve saçak döşemelerinde görülür. Döşeme sadece bir kenar boyunca yapıya bağlıdır. Bu nedenle, hesap hatası ya da yapım kusuru sonucunda çok kolay göçerler.

Döşemenin kirişe oturan kenarı sürekli dir. Döşeme konsol çalışır. Statik hesap, birim genişlikteki ve aynı plak yükü P_d ile yüklü konsol kiriş gibi yapılır.

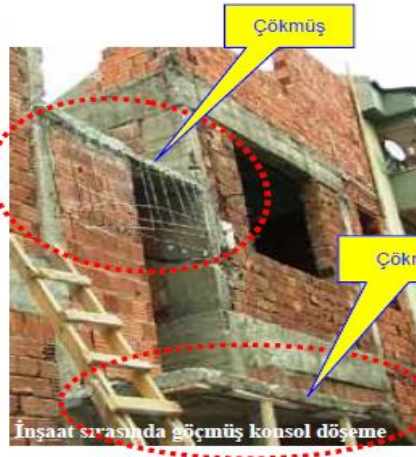
Sürekli mesnette oluşan negatif moment mesnet üstünde çekme oluşturur. Bu moment için hesaplanan donatı (ana donatı) mesnedin üstüne konur ve plak ucuna kadar düz olarak uzatılır. Montaj kolaylığı sağlaması ve donma-çözülme etkilerini azaltması için ana donatıların ucu aşağı kıvrılarak bir miktar döşemenin altında geriye doğru uzatılır. Plak ucunun altına bir veya iki $\phi 8$ çubuk konarak kıvrılan uçlara bağlanır.

Plığın uzun doğrultusunda moment yoktur. Ancak, konstrüktif olarak $\phi 8/25$ minimum donatı konur (dağıtma donatısı) ve ana donatı çubuklarına bağlanırlar.

Betonlama sırasında üstteki donatıların ezilerek plak altına doğru yer değiştirmesi çok karşılaşılan bir hatadır, yer yer (her m de en az bir adet) konulacak sehpa larla önlenmelidir. Aksi halde, kalıp alınır alınmaz, konsol döşeme göçecektir.



Donma-çözülme etkileri



Çökmüş

İnşaat sırasında göçmüş konsol döşeme



Çökmemiş

Düğünde göçmüş balkon

İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerde sınır değerler (TS500–2000)

Kenarların oranı m:

$$\frac{L_u}{L_k} \leq 2$$

Döşeme betonu kalınlığı h:

$$h \geq \frac{L_{knet}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4} \right)$$

$$h \geq 80 \text{ mm}$$

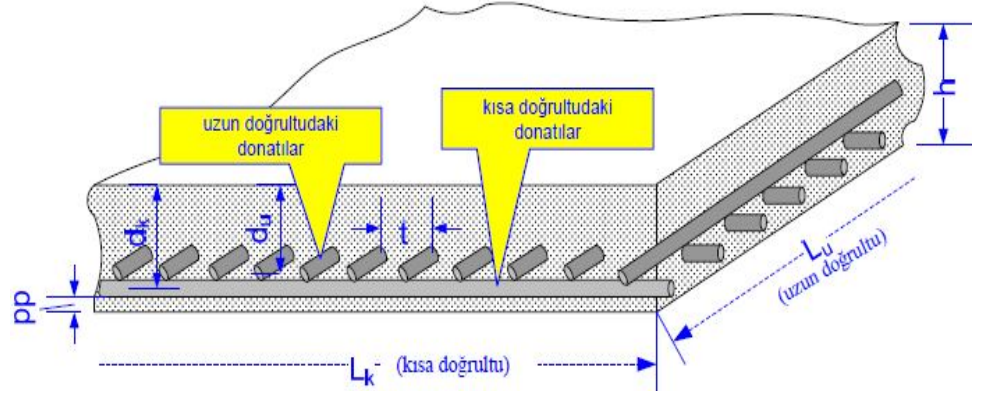
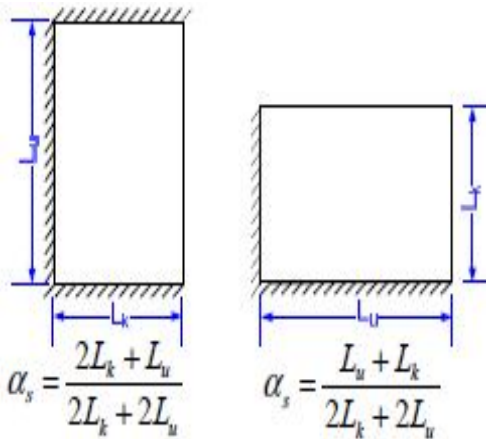
$$h \geq 100 \text{ mm (önerilen)}$$

$$h \geq 150 \text{ mm (konsol, üzerinden taşıt geçen döşemelerde, önerilen)}$$

$$h \geq 150 \text{ mm (merdiven sahanlıklarında, büyük boşluklu döşemelerde, önerilen)}$$

α_s : Sürekli kenar uzunlukları toplamının döşeme çevresine oranıdır.

Örnek:



Donatı aralığı (s) :

$$s \leq 1.5 h \text{ (her iki doğrultuda)}$$

$$s \leq 200 \text{ mm (kısa doğrultuda)} \quad s \leq 250 \text{ mm (uzun doğrultuda)}$$

$$s \geq 50 \text{ mm (öneri)}$$

Donatı çapı ϕ :

$$\phi \geq 8 \text{ mm (çubuk)} \quad \phi \geq 5 \text{ mm (hasır)}$$

Donatı oranları ρ_k , ρ_u , ρ :

$$\rho_k \geq 0.0015 \quad \rho_u \geq 0.0015$$

$$\rho \geq 0.004 \text{ (S220 için)} \quad \rho \geq 0.0035 \text{ (S420 ve S500 için)}$$

$$\rho_k = \frac{A_{sk}}{1000d_k} \quad \rho_u = \frac{A_{su}}{1000d_u}$$

(A_{sk}, A_{su} mm², d_k ve d_u mm cinsinden)

$$\rho_t = \rho_k + \rho_u$$

A_{sk} : 1000 mm lik şeritteki donatı alanı (kısa doğrultuda)

A_{su} : 1000 mm lik şeritteki donatı alanı (uzun doğrultuda)

d_k : faydalı yükseklik (kısa doğrultuda)

d_u : faydalı yükseklik (uzun doğrultuda)

ρ_k : donatı oranı (kısa doğrultuda, 1m lik plak şeridinde)

ρ_u : donatı oranı (uzun doğrultuda, 1m lik plak şeridinde)

Paspayı pp :

$$pp \geq 15 \text{ mm (kısa doğrultuda)}$$

Faydalı yükseklikler d_k , d_u :

$$d_k \approx h - (pp + 5) \text{ mm} \approx h - 20 \text{ mm} \quad d_u \approx h - (pp + 15) \text{ mm} \approx h - 30 \text{ mm}$$

Beton sınıfı: C16-C50 (en düşük C20/25 önerilir)

Çelik sınıfı: Her tür çelik (En düşük S420a önerilir)

Bir doğrultuda çalışan kirişli döşemelerde sınır değerler (TS500–2000)

Kenarların oranı m:

$$\frac{L_u}{L_k} > 2$$

Döşeme betonu kalınlığı h:

$h \geq L_{knet}/25$ (basit mesnetli, tek açıklıklı döşemelerde)

$h \geq L_{knet}/30$ (sürekli döşemelerde)

$h \geq L_{knet}/12$ (konsol döşemelerde)

$h \geq 80$ mm

$h \geq 120$ mm (üzerinden taşıt geçen döşemelerde)

$h \geq 100$ mm (öneri)

$h \geq 150$ mm (konsol ve üzerinden taşıt geçen döşemelerde, öneri)

$h \geq 150$ mm (merdiven sahanlıklarında ve büyük boşluklu döşemelerde, öneri)

Donatı aralığı (s) :

$s \leq 1.5 h$ (kısa doğrultuda)

$s \leq 200$ mm (kısa doğrultuda)

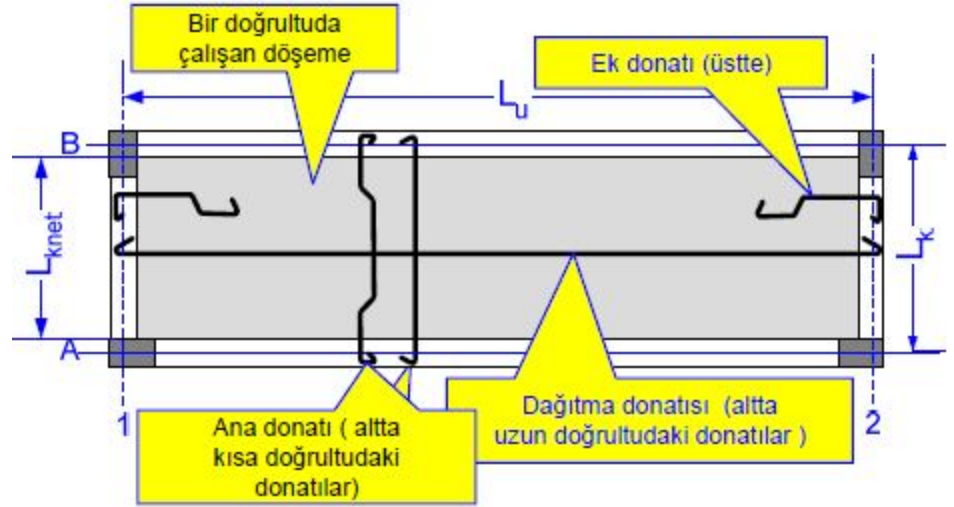
$s \leq 300$ mm (uzun doğrultuda)

$s \leq 250$ mm (uzun doğrultuda öneri)

Donatı çapı ϕ :

$\phi \geq 8$ mm (çubuk)

$\phi \geq 5$ mm (hasır)



Donatı oranı ρ_k :

$\rho_k \geq 0.003$ (S220 için) $\rho_k \geq 0.002$ (S420 ve S500 için)

$$\rho_k = \frac{A_{sk}}{1000d_k} \quad (A_{sk} \text{ mm}^2, d_k \text{ mm cinsinden})$$

A_{sk} :1000 mm lik şeritteki donatı alanı (kısa doğrultuda)

A_{su} :1000 mm lik şeritteki donatı alanı (uzun doğrultuda)

A_{sek} :1000 mm lik şeritteki ek donatı alanı (kısa kenar mesnetlerinde)

d_k : faydalı yükseklik (kısa doğrultuda)

ρ_k : donatı oranı (kısa doğrultuda, 1 m lik plak şeridinde)

Paspayı pp :

$pp \geq 15$ mm (kısa doğrultuda)

Faydalı yükseklikler d_k , d_u :

$d_k \approx h - (pp + 5)$ mm $\approx h - 20$ mm

$d_u \approx h - (pp + 15)$ mm $\approx h - 30$ mm

Dağıtma donatısı A_{su} :

$A_{su} \geq A_{sk}/5$ (dağıtma donatısı)

Ek donatı A_{sek} :

$A_{sek} \geq 0.60 A_{sk}$ (ek donatı)

$A_{sek} \geq 250$ mm² (S220 için)

$A_{sek} \geq 170$ mm² (S420 için)

Beton sınıfı: C16-C50 (en düşük C20/25 önerilir)

Çelik sınıfı: Her tür çelik (En düşük S420a önerilir)

Betonarme hesap-Donatı Hesabı

Döşemenin açıklık ve mesnetlerindeki M_d tasarım momentleri 1 m lik döşeme şeridi için hesaplandığından ve döşeme kalınlığı h sabit olduğundan, kesit $1000 \times h$ boyutlu dikdörtgen olur. Bu nedenle donatı hesabı, hem mesnet hem de açıklık momenti için, tek donatılı dikdörtgen kiriş gibi yapılır. Döşemelere basınç donatısı ve etriye konmaz. Denge altı donatı koşulu hemen hep sağlanır, kontrol genelde yapılmaz. Tüm döşemelerin önce açıklık sonra mesnet donatıları hesaplanır. **Donatı hesabında ve yerleştirilmesinde TS500-2000 sınır değerlerine mutlaka uyulur.**

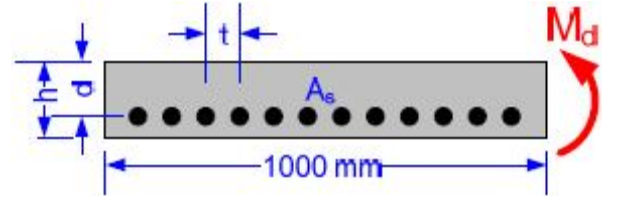
Açıklıkta donatı hesabı:

Kısa doğrultuda:

Pas payı en az 15 mm (genelde hep 15 mm), faydalı yükseklik $d \approx h - \text{pas payı} - 5 \text{ mm} \approx h - 20 \text{ mm}$ alınır. Hesaplanan donatı kısa doğrultuda ve alta konur.

Uzun doğrultuda:

Faydalı yükseklik $d \approx h - \text{pas payı} - 15 \text{ mm} \approx h - 30 \text{ mm}$ alınır. Hesaplanan donatı uzun doğrultuda ve alta konur (kısa doğrultudaki donatının üstüne).



Bilinenler: Malzeme (beton ve çelik sınıfları), kesit boyutları, faydalı yükseklik ve tasarım momenti.

İstenen: Döşemenin her 1 m genişliğindeki şeridine konacak A_s donatı alanı.

Çözüm: M.R. AYDIN, U. ERSOY tabloları veya benzeri bir tablo kullanılarak A_s belirlenir.

M.R. AYDIN tablolarına göre: k_h hesaplanır, beton sınıfına ait sütunda k_h değeri bulunur (gerekirse interpolasyon!), buna karşılık gelen k_s değeri okunur, A_s hesaplanır. Bir sonraki sayfada verilen tablo yardımıyla A_s alanı uygun donatı çapı ve adımlarına dönüştürülerek döşeme üzerine 1 pilye 1 düz olarak çizilir. Çap, adım ve çubuk boyu donatı üzerine yazılır. Örneğin: $\phi 8/360 L=6400$.

U. ERSOY tablolarına göre: K hesaplanır, beton sınıfına ait sütunda K değeri bulunur (gerekirse interpolasyon!), buna karşılık gelen j değeri okunur, A_s hesaplanır. Bir sonraki sayfada verilen tablo yardımıyla A_s alanı uygun donatı çapı ve adımlarına dönüştürülerek döşeme üzerine 1 pilye 1 düz olarak çizilir. Çap, adım ve çubuk boyu donatı üzerine yazılır. Örneğin: $\phi 8/360 L=6400$.

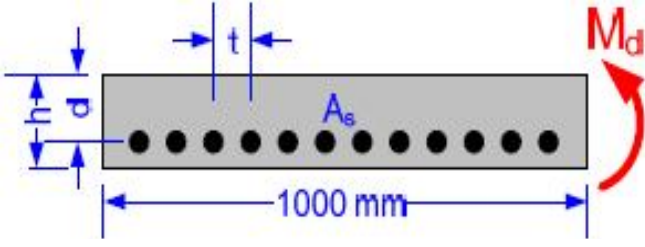
Not: Bir doğrultuda çalışan döşemelerde uzun doğrultuda sadece düz donatı (dağıtma donatısı) konur, pilye konmaz! Bu tür döşemelerin kısa kenarlarına ek donatı konur.

Mesnette donatı hesabı:

İki komşu döşemenin ortak mesnedinde farklı momentler oluşur. Bunlardan büyük olan M_d olarak alınır.

Pas payı en az 15 mm (genelde hep 15 mm),
 $d \approx h - \text{pas payı} - 5 \text{ mm} \approx h - 20 \text{ mm}$ alınır.

Gerekli donatı alanı A_s hesaplanır.



Ancak aynı mesnette komşu döşeme açıklıklarından gelen pilyeler (genelde) vardır. Komşu döşemelerin pilyelerinin toplam alanı A_{spilye} belirlenir.

$A_{\text{sek}} = A_s - A_{\text{spilye}}$ konulması gereken ek donatı alanı olur.

Yandaki tablo yardımıyla A_{sek} donatı alanı uygun donatı çapı ve adımlarına dönüştürülerek mesnedin üstüne çizilir. Çap, adım ve çubuk boyu donatı üzerine yazılır.

Örneğin: $\phi 10/200 \text{ L}=2200$.

Ek donatının aralığı en fazla 330 mm dir.

Hesaplarda kullanılacak birimler:

Aşağıda verilen birimler kullanım açısından genelde uygundur:

Malzeme dayanımı : N/mm^2

Moment: $\text{kN.m}/\text{m}$

Faydalı yükseklik ve kesit genişliği: mm

Donatı alanı: mm^2

100 cm döşeme genişliği için donatı alanları (mm^2)

t (cm)	ϕ (mm)									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
5.0	565	1005	1571	2262	3079	4021	5089	6283	7603	9040
5.5	514	914	1428	2056	2799	3656	4627	5712	6912	8225
6.0	472	838	1309	1885	2566	3351	4241	5236	6336	7540
6.5	435	773	1208	1740	2368	3093	3915	4833	5848	6960
7.0	404	718	1122	1616	2199	2873	3636	4487	5430	6463
7.5	377	670	1047	1508	2052	2681	3393	4188	5068	6032
8.0	353	628	982	1414	1924	2514	3181	3926	4751	5655
8.5	333	591	924	1331	1811	2366	2994	3695	4472	5322
9.0	314	559	873	1257	1710	2234	2828	3490	4223	5027
9.5	298	529	827	1190	1620	2117	2679	3306	4001	4762
10.0	283	503	785	1131	1539	2011	2545	3141	3801	4524
10.5	269	479	748	1077	1466	1915	2424	2991	3620	4309
11.0	257	457	714	1028	1399	1828	2314	2855	3455	4113
11.5	246	437	683	983	1339	1749	2213	2731	3305	3934
12.0	236	419	654	942	1283	1676	2121	2617	3167	3770
12.5	226	402	628	905	1232	1609	2036	2513	3041	3619
13.0	217	387	604	870	1184	1547	1958	2416	2924	3480
13.5	209	372	582	838	1140	1490	1885	2327	2816	3351
14.0	202	359	561	808	1100	1436	1818	2244	2715	3231
14.5	195	347	542	780	1062	1387	1755	2166	2621	3120
15.0	189	335	524	754	1026	1341	1697	2094	2534	3016
15.5	182	324	507	730	993	1297	1642	2027	2452	2919
16.0	177	314	491	707	962	1257	1590	1964	2376	2828
16.5	171	305	476	685	933	1219	1542	1904	2304	2741
17.0	166	296	462	665	905	1183	1497	1848	2236	2661
17.5	162	287	449	645	880	1149	1454	1795	2172	2585
18.0	157	279	436	628	855	1117	1414	1746	2112	2513
18.5	153	272	425	611	832	1087	1376	1698	2055	2445
19.0	149	265	413	595	810	1058	1339	1654	2001	2381
19.5	145	258	403	580	789	1031	1305	1611	1949	2320
20.0	141	251	393	565	769	1005	1272	1572	1901	2262
21.0	135	239	374	539	733	957	1212	1496	1810	2154
22.0	129	228	357	514	700	914	1157	1428	1728	2056
23.0	123	219	341	492	669	874	1106	1366	1653	1967
24.0	118	209	327	471	641	838	1060	1309	1584	1885
25.0	113	201	314	452	616	804	1018	1257	1521	1810
26.0	109	193	302	435	592	773	979	1208	1462	1740
27.0	105	186	291	419	570	745	942	1164	1408	1676
28.0	101	180	280	404	550	718	909	1122	1358	1616
29.0	97	173	271	390	531	693	877	1083	1311	1560
30.0	94	168	262	377	513	670	848	1047	1267	1508

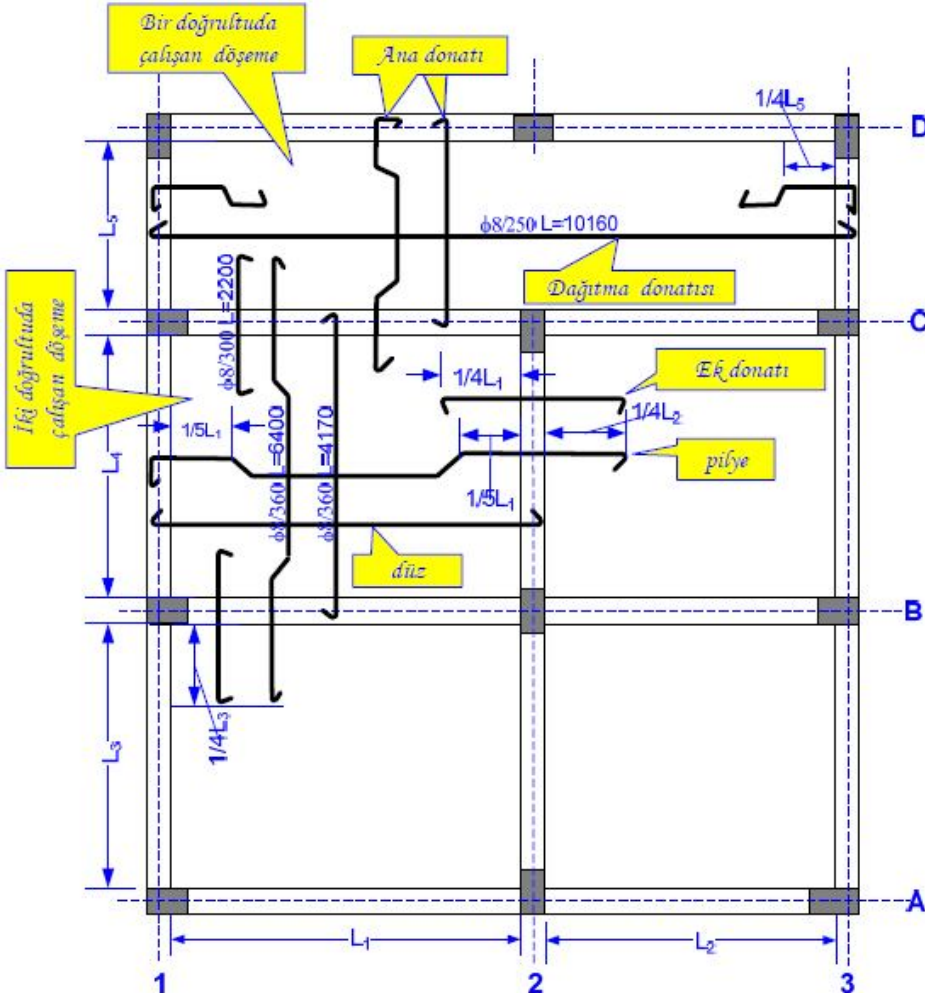
Not: $\phi 6$ eski projelerin kontrolü amaçlıdır.

Yeni projelerde kullanılmaz.

•Seçilen donatının aralığı $1.5 h$ değerini aşmamalıdır!

•Donatı aralığını $1.5 h$ ya yakın seçmek ekonomiktir.

Donatının Çizimi



NOT: donatı çap, adım ve boyları örnektir.

Betonarme hesaplarda belirlenen döşeme donatıları kat kalıp planı üzerine çizilir. Çizimde aşağıda verilen noktalara dikkat edilir:

- İlk önce kısa doğrultudaki donatılar yerleştirilir. Uzun doğrultudaki donatı kısa donatılar üzerine yerleştirilir.

- Her donatı çubuğu üzerine çapı, aralığı ve uzunluğu yazılır.

- İki doğrultuda çalışan döşemelerde her iki doğrultuda bir pilye bir düz donatı konur.

- Açıklıkta düz donatılar alttadır.

- Pilyelerin orta bölgesi altta, kenar bölgeleri üsttedir.

- Mesnet donatıları ve ek donatılar üsttedir.

- Pilye ve ek donatılar komşu döşemenin net açıklığının 1/4 üne kadar uzatılır. Pilyelerin üst kırılma noktasının giriş yüzüne mesafesi net açıklığın 1/5 i olmalıdır.

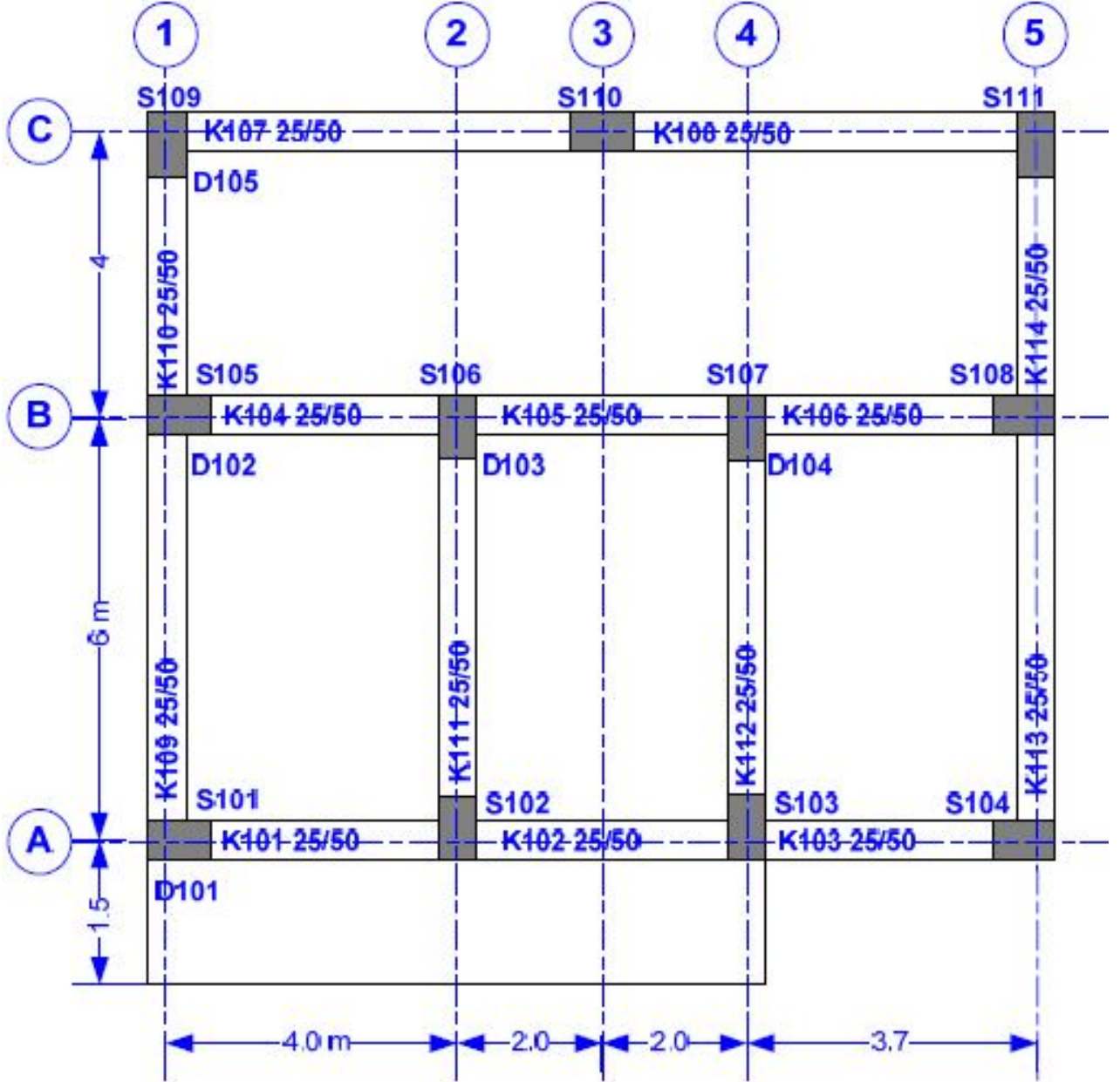
- Bir doğrultuda çalışan döşemelerde; ana donatı (kısa doğrultudaki donatı) bir pilye bir düz olarak konur. Uzun doğrultuda sadece düz donatı (dağıtma donatısı) konur, pilye konmaz. Kısa kenarlara yönetmeliğin öngördüğü ek donatılar konur.

- Kullanılan çelik S220 ise donatı uçlarına kanca yapılır (kenetleme). S420 ve S500 çeliklerinde kanca yapılmaz.

- Donatı aralığı yönetmelik koşullarını sağlamalıdır. 1.5h koşulu çok önemlidir!

ÖRNEK: Bir katın döşemelerinin statik-betonarme hesabı

Bir konutun +320 kotu kat kalıp planı verilmiştir. D101 balkon, D102, D103, D104 oda, D105 koridordur. Odalar meşe parke, diğer hacimler mermer kaplıdır. Kiriş ve kolon boyutları 25/50 cmxcm dir. Döşeme hesapları yapılacak ve gerekli çizimler hazırlanacaktır. Malzeme C20/25/S420a, şantiye denetimi iyi.

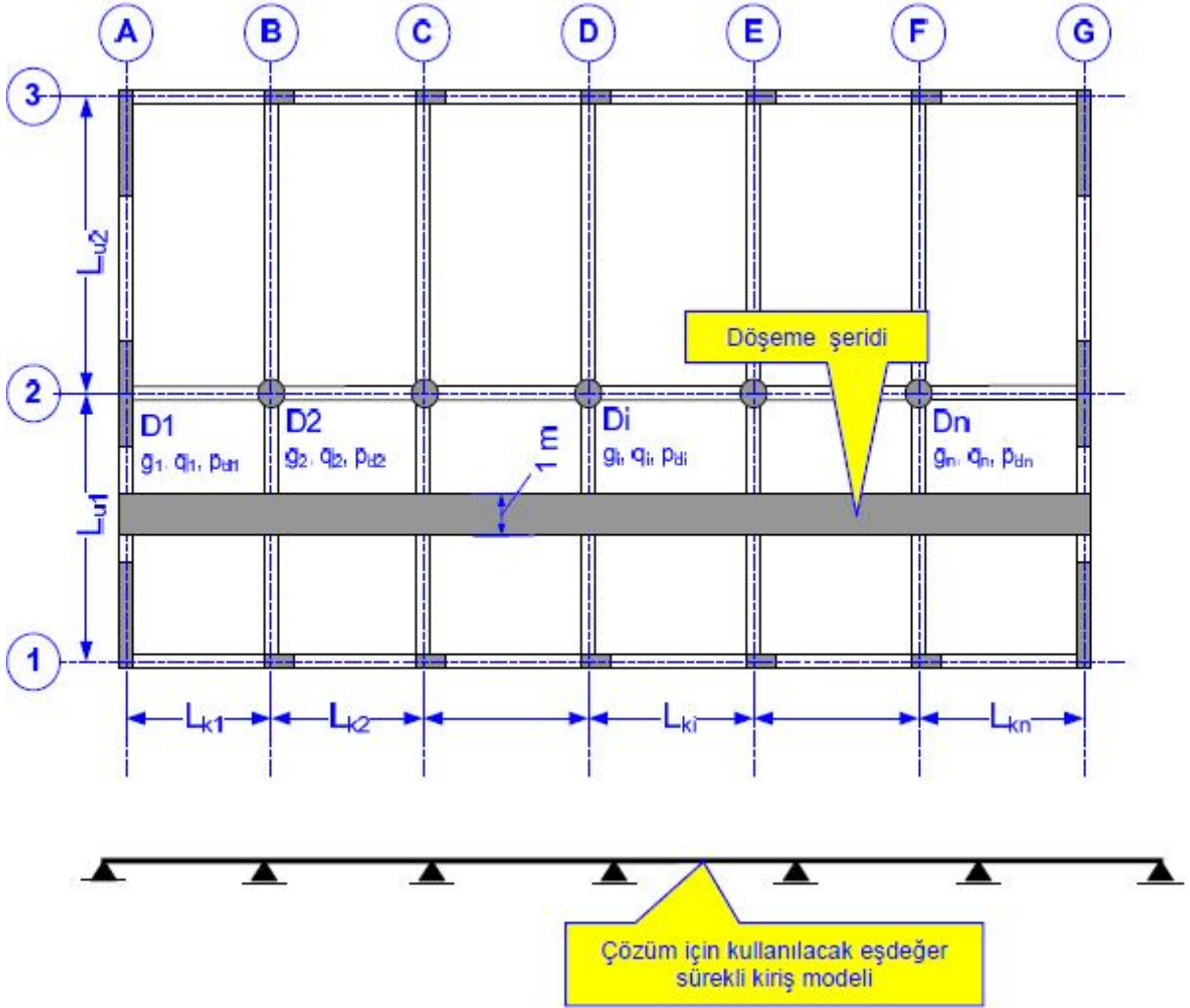


1. KAT KALIP PLANI 1/50

NOT: Örnek döşeme çözümü sınıfta tahtaya yapılacak.

Bir doğrultuda çalışan sürekli döşeme sistemi

Kamu yapılarında ve sanayi yapılarında aşağıda bir örneği görülen döşeme sistemleri ile oldukça sık karşılaşılır. Tüm döşemeler kısa doğrultuda çalışmaktadırlar, $L_u/L_k > 2$. Bu tür döşeme sisteminin statik hesapları döşemelerin kısa doğrultusunda alınan 1 m genişliğindeki döşeme şeridi için yapılır. Çıkarılan şerit eşdeğer **sürekli kiriş** olarak çözülür. Burada g_i , q_i , p_{di} i. döşemedeki; sırasıyla karakteristik sabit, karakteristik hareketli ve tasarım yükleridir. Bu yüklerin düzgün yayılı oldukları varsayılmaktadır.



Sürekli kirişin çözümü

a) Basit formüller ile çözüm:

TS500–2000 madde 11.2.2, sayfa 50 de verilen formüller kullanılır. Kiriş yükleri plak tasarım yükleri olarak alınır. *Ancak, bu formüllerin kullanılabilmesi için, yönetmelikte verilen koşulların sağlanması gerekir.*

b) Elverişsiz yüklemeler yapılarak çözüm:

Döşemelerin sabit ve hareketli (**karakteristik**) yükleri için elverişsiz yüklemeler (dama yüklemesi) yapılarak, açıklık ve mesnet momentlerinin en büyük değerleri belirlenir.

a) Basit formüller ile çözüm (TS500–2000, Madde 11.2.2-sayfa 50)

Uygulamada genelde L_{k1} , L_{k2} , ..., L_{kn} açıklıkları birbirine eşit veya birbirine yakındır. TS500-2000'e göre, aşağıdaki koşulların sağlanması halinde, basit formüller kullanılarak döşeme tasarım momentleri belirlenebilir.

Koşul 1: En az iki açıklık olmalı.

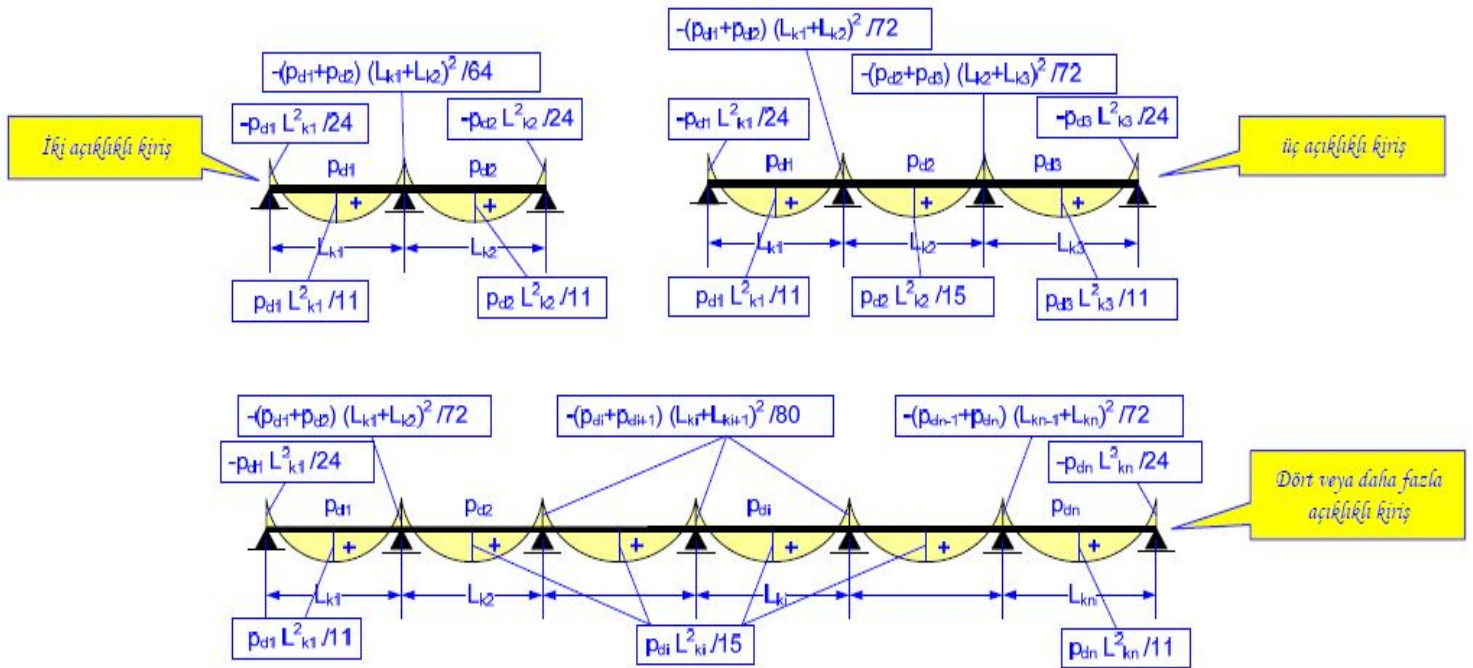
Koşul 2: Döşeme yükleri düzgün yayılı olmalı.

Koşul 3: Herhangi iki komşu döşemenin açıklıkları oranı 0.8 den büyük olmalı:

$$L_{\text{küçük-komşu}}/L_{\text{büyük-komşu}} \geq 0.8$$

Koşul 4: Döşemelerin her birinin karakteristik hareketli yükünün karakteristik sabit yüke oranı 2 den az olmalı: $q_i/g_i < 2$

Açıklık ve mesnet tasarım momentleri için TS500–2000 de verilen basit formüller aşağıda özetlenmiştir.

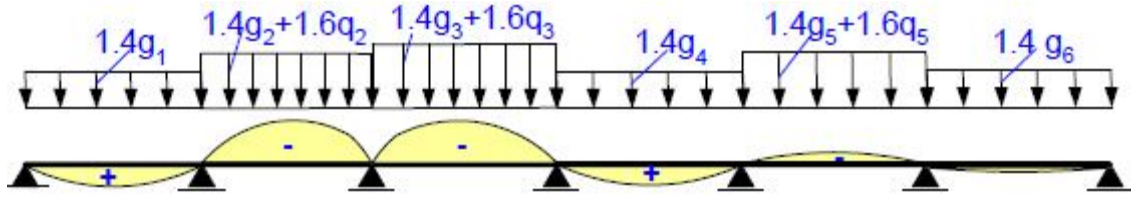


Formüller kısaca yorumlanırsa: Orta açıklıklarda aynı formül kullanılmaktadır. Orta mesnetlerde aynı formül kullanılmaktadır. İlk ve son mesnette moment teorik olarak sıfırdır. Fakat plak rijit kirişlere oturduğundan bir miktar moment oluşacaktır. Yönetmelik bu mesnetleri yarı ankastre kabul etmektedir.

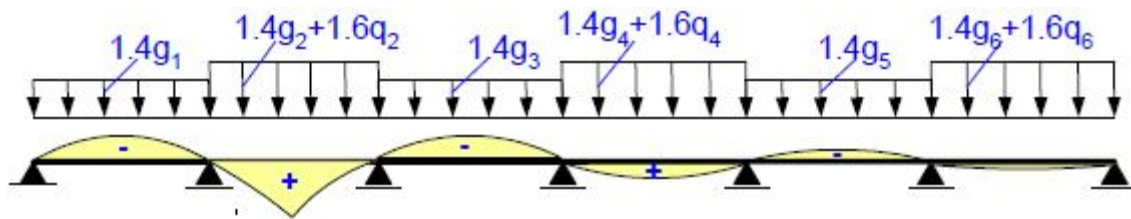
b) Elverişsiz yüklemeler yapılarak çözüm

Bir doğrultuda çalışan döşeme sisteminin herhangi komşu açıklıklarının oranı $L_{\text{küçük-komşu}}/L_{\text{büyük-komşu}} < 0.8$ ise, veya herhangi bir açıklığın karakteristik hareketli yükünün karakteristik sabit yüke oranı 2 veya daha büyük ise, bu durumda **TS500–2000 de verilen basit formüller moment hesabı için kullanılamazlar.**

Eşdeğer kirişin çözümü için, kiriş tesir çizgileri dikkate alınarak, açıklık ve mesnet momentlerinin en büyük değerlerini veren elverişsiz yüklemeler yapılması zorunludur. Örnek olmak üzere, 2. açıklığın ve 3. mesnedin moment tesir çizgilerinin görünümü ve bu momentleri en büyük yapan yükleme durumları (dama yüklemesi) aşağıda gösterilmiştir. Kiriş bu tasarım yükleri altında herhangi bir yöntem ile (örneğin: el hesapları için CROSS) çözüldüğünde 2. açıklığın ve 3. mesnedin en büyük tasarım momentleri bulunmuş olur. Dikkat edilirse, 1., 3, ..., açıklıklar için bir; 2., 4, ..., açıklıklar için bir ve her iç mesnet için farklı bir yükleme durumu, dolayısıyla 2+iç mesnet sayısı kadar CROSS çözümü vardır. Buna göre, aşağıdaki 6 açıklıklı kiriş için 2+5=7 farklı yükleme ve çözüm yapılmalıdır. Yükleme sayısının çokluğu bilgisayar kullanımını kaçınılmaz kılmaktadır.



3. Mesnetteki en büyük momenti veren yükleme



2. Açıklıkta en büyük momenti veren yükleme

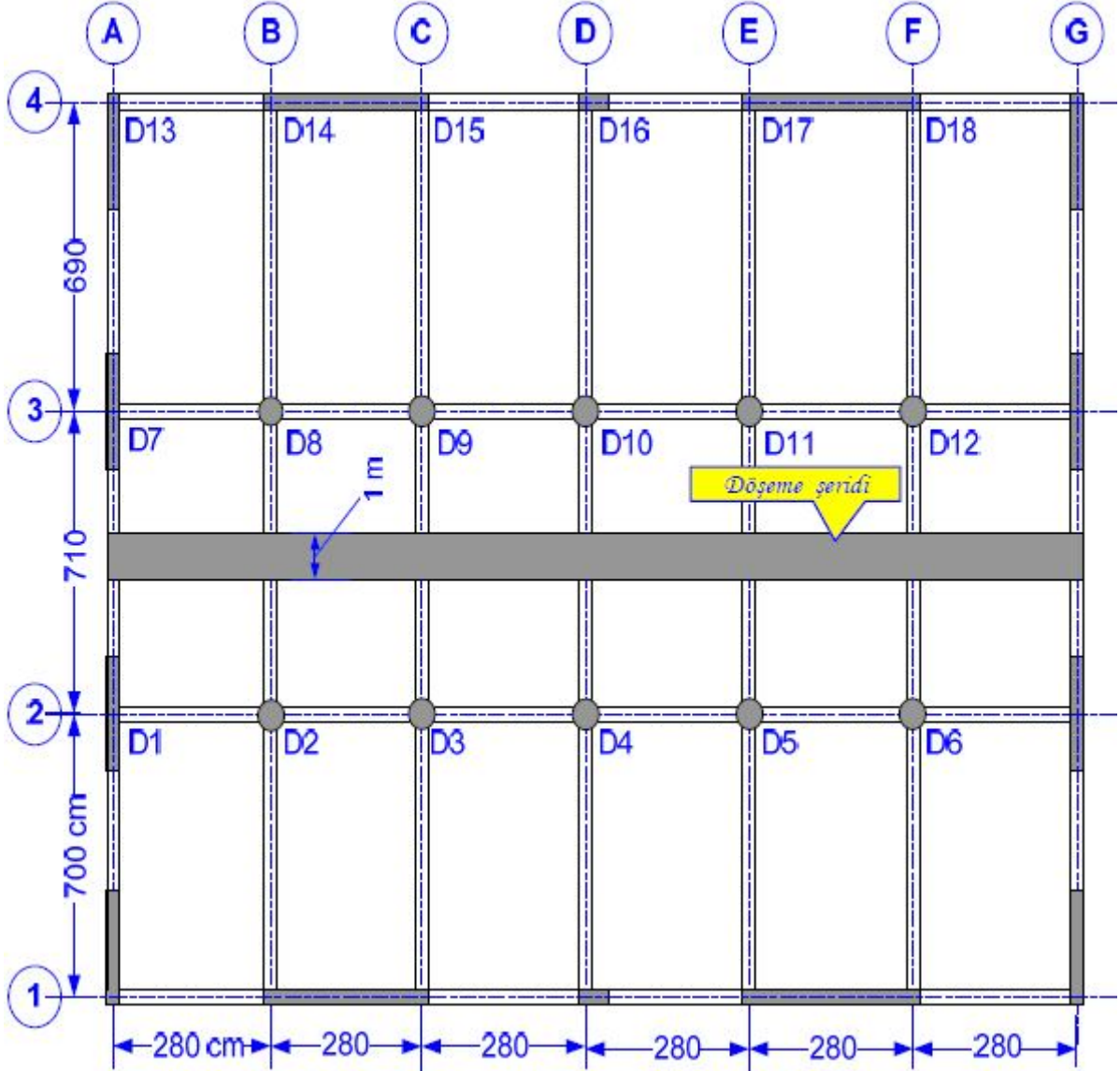
$g_1, g_2, \dots, : 1., 2., \dots$, açıklıklardaki sabit (karakteristik) yük.

$q_1, q_2, \dots, : 1., 2., \dots$, açıklıklardaki hareketli (karakteristik) yük.

NOT: Dış mesnet tasarım momentleri en az $= P_d * L^2 / 24$ alınmalıdır.

ÖRNEK: Bir doğrultuda çalışan sürekli döşeme sistemi statik-betonarme hesabı

Bir okulun +360 kotu kat kalıp planı verilmiştir. Kirişler 30/70 cmxcm boyutundadır. Tüm döşemeler mozaik karo kaplıdır. Malzeme C2025/S420a, şantiye denetimi iyidir. Döşemelerin donatıları belirlenecek ve kalıp planı tamamlanacaktır.



+360 Kotu KALIP PLANI

NOT: Örnek döşeme çözümü sınıfta tahtaya yapılacak.